



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta textilní



# HODNOCENÍ NASÁKAVOSTI KOŠILOVIN POMOCÍ TERMOGRAFIKÉ TECHNIKY

## Diplomová práce

*Studijní program:* N3106 – Textilní inženýrství  
*Studijní obor:* 3106T017 – Oděvní a textilní technologie  
*Autor práce:* **Klára Šiková**  
*Vedoucí práce:* Ing. Renáta Nemčoková





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Textile Engineering



# EVALUATION OF THE ABSORBENCY OF SHIRTING USING TERMOGRAPHIC TECHNIQUES

## Diploma thesis

*Study programme:* N3106 – Textile Engineering  
*Study branch:* 3106T017 – Clothing and Textile Engineering  
*Author:* **Klára Šiková**  
*Supervisor:* Ing. Renáta Nemčoková



Tento list nahradte  
originálem zadání.

## Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Renátě Nemčokové za odborné vedení, přátelský přístup, cenné rady a čas při realizaci této práce. Mé poděkování rovněž patří panu prof. RNDr. Janu Pickovi za konzultace statistiky a firmě Mileta za poskytnuté vzorky pro měření. V neposlední řadě bych ráda poděkovala rodičům a svým blízkým za podporu a zázemí, které mi poskytovali po celou dobu studia.

## **Anotace**

Diplomová práce je zaměřena na hodnocení nasákavosti košilovin pomocí termografické techniky. Vysvětleny jsou zde finální úpravy aplikované na košiloviny a také zaměření na oděvní komfort. V práci jsou charakterizovány procesy spojené s transportem vlhkosti, faktory ovlivňující transport vlhkosti a vliv vlhkosti na vlastnosti textilních materiálů. Práce se zabývá teorií termografie, stručným popisem termogramu, emisivity, odrazejícího se zdánlivého tepla, termovizní kamerou a také jsou zmíněny oblasti použití termografie. Hlavním cílem experimentální části práce je na základě zkoumaných materiálů zjistit vliv finálních úprav na vzlínavost a savost košilovin. První část experimentu je zaměřena na simulaci navlhčení košilovin při pocení. Pro vyhodnocení je použita metoda srovnávací termografické techniky a metoda vážení po absorpci kapaliny do struktury textilie. Ve druhé části experimentu je charakterizována vzlínavost. Tato zkouška je také měřena pomocí termografické techniky s následným měřením metodou vážení po absorpci do struktury textilie. Výsledky z obou částí jsou statisticky vyhodnoceny a graficky znázorněny.

## **Klíčová slova**

košiloviny, finální úpravy, nasákavost, vzlínavost, transport vlhkosti, termografie

## **Annotation**

Diploma thesis is focused on the evaluation of absorbability of the shirting by using thermographic techniques. Final treatment applied on the shirting fabric is explained and work is also focused on the clothing comfort. This thesis characterized the processes associated with the transport of moisture, factors affecting the transport of moisture and impact of humidity on textile materials. The work deals with the theory of thermography, a brief description of thermogram, emissivity, reflecting the apparent heat, thermovision camera, and also areas using thermography are mentioned. The main aim of the experimental part is to determine the influence final adjustments to the capillarity and absorbency of the shirt fabrics on the based examined materials. The first part of the experiment is focused on simulating moistening of the shirt fabrics when sweating. For evaluation is used method of comparative thermography technique and the method of weighing after absorption of liquid into the fabric structure. In the second part of the experiment is characterized capillarity. This test is also measured by thermographic technique with subsequent measurement of the weighing method, after absorption into the fabric structure. The results of both parts are statistically evaluated and graphically illustrated.

## **Key word**

shirting, final treatment, water absorption, capillarity, moisture transport, thermography

## Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů .....	10
Úvod.....	12
1 Košiloviny .....	14
1.1 Rozdělení košilovin .....	14
1.2 Finální úpravy aplikované na košiloviny .....	15
1.2.1 Non iron .....	17
1.2.2 Easy care .....	17
1.2.3 Soft .....	18
2 Požadavky na košiloviny a oděvní komfort .....	19
2.1 Transport vlhkosti a tepla mezi organismem a okolím .....	20
2.2 Procesy spojené s transportem vlhkosti.....	21
2.2.1 Sorpce a desorpce .....	21
2.2.2 Konvekce.....	22
2.2.3 Difúze .....	22
2.2.4 Kapilární odvody.....	22
2.3 Faktory ovlivňující transport vlhkosti .....	23
2.4 Vliv vlhkosti na textilní materiály .....	24
2.4.1 Vliv vlhkosti na přírodní vlákna .....	24
2.4.2 Vliv vlhkosti na syntetická vlákna.....	25
2.5 Prodyšnost .....	25
3 Teorie termografie.....	26
3.1 Termogram .....	26
3.1.1 Infračervené záření .....	26
3.1.2 Záření reálných těles .....	27
3.1.3 Záření absolutně černého tělesa.....	28
3.1.4 Základní zákony záření .....	28
3.2 Emisivita .....	29
3.2.1 Součinitel emisivity.....	30
3.2.2 Jak zjistit hodnotu emisivity.....	30
3.3 Odrážející se zdánlivá teplota .....	31
3.4 Termovizní kamera .....	31
3.4.1 Termovizní kamera typu X6540sc .....	31
3.5 Oblast použití termografie .....	32



3.5.1	Použití termovizní techniky v textilním průmyslu.....	33
3.6	Výhody a nevýhody bezdotykového měření .....	33
4	Experimentální část .....	34
4.1	Charakteristika měřených materiálů .....	34
5	Experiment – Simulace navlhčení košilovin při pocení.....	35
5.1	Příprava experimentu .....	35
5.2	Příprava vzorků.....	37
5.3	Kalibrace obrazu .....	37
5.4	Postup měření .....	38
5.5	Zpracování snímků.....	39
5.6	Vyhodnocení dat .....	40
5.6.1	Tvarové charakteristiky .....	40
5.6.2	Metoda vážení po absorpci .....	43
5.6.3	Plocha smočeného materiálu – Termografická metoda .....	54
6	Experiment – vzlínavost .....	67
6.1	Příprava experimentu .....	67
6.2	Příprava vzorků.....	68
6.3	Kalibrace obrazu .....	69
6.4	Postup měření .....	69
6.5	Zpracování snímků.....	71
6.6	Vyhodnocení dat .....	71
6.6.1	Metoda vážení po absorpci .....	71
6.6.2	Sací výška – Termografická metoda .....	76
7	Shrnutí experimentální části .....	82
	Závěr .....	85
	Seznam literatury a internetových zdrojů .....	88
	Seznam obrázků .....	90
	Seznam tabulek .....	92
	Seznam grafů.....	93
	Seznam příloh.....	94

## Seznam použitých zkratk a symbolů

a.s. - akciová společnost

$\alpha$  – alfa

apod. - a podobně

NWIR - NearWave Infra-Red - blízká infraoblast

°C – Celsiův stupeň

CD – Compact disc

cos – cosinus

ČSN - česká státní norma

Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> · 12 H<sub>2</sub>O - dedekahydrátu hydrogenfosforečnanu disodného

R - efektivním poloměru

$\varepsilon$  – emisivita

g – gram

g/m<sup>2</sup> – gram na metr čtvereční

Hz – hertz

NaCl - Chlorid sodný

M – intenzita vyzařování

I – intenzita záření

JPEG - joint photographic experts group

pH – kyselost

$\Delta p$  – kapilární tlak

r – korelační koeficient

konst. – konstanta

SWIR - ShortWave Infra-Red - krátkovlnná oblast

LCD - liquid crystal display

max. – maximální

MJ – megajoule

m - metr

$\mu\text{m}$  – mikrometr

ml – mililitry

mm – milimetr

mm<sup>2</sup> – milimetr čtvereční

min. – minimální

min. – minut

C<sub>6</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>N<sub>3</sub> · HCl · H<sub>2</sub>O - monohydrátu L – histidinmonohydrochloridu

Y – napětí vody

Např. – například

$\omega$  – omega

CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý

$\pi$  - pí

$r$  – poloměr

% - procenta

$\in$  - prvek množiny

$\rho$  - ró

$\Delta P = 2\gamma [(p_r \cdot \cos\theta_r / r) - (P_R \cdot \cos\theta_r / R)]$  – rovnice kapilárního tlaku

$s$  – sekunda

$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi}$  - součinitel odrazivosti

$\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi}$  - součinitel pohltivosti

$\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi}$  - součinitel propustnosti

$\sigma$  - Stefan Boltzmannova konstanta

MWIR - MiddleWave Infra-Red - střední infraoblast

tzv. – takzvaný

$\tau$  – tau

$N_2$  – tekutý dusík

$\Theta$  – Théta

tj. – to je

VLWIR - VeryLongWave Infra-Red - velmi vzdálená infraoblast

LWIR - LongWave Infra-Red - vzdálená infraoblast

$W$  – watt

$\lambda_{\max} \cdot T = \text{konst.} = 2,898 \cdot 10^{-3}$  – Wienova konstanta

$\Phi$  – zářivý tok

$p$  - zvětšení vnitřního povrchu kapilárních kanálů

## Úvod

Textilní výroba je velice staré řemeslo, které bylo do dnešní doby k nepoznání proměněno technologickým pokrokem. V 19. století a v první polovině 20. století měl textilní průmysl podstatnou pozici v mnoha evropských státech a stejně tak tomu bylo i v České republice. Československá republika byla považována v 80. letech 20. století za „textilní velmoc“ při spotřebě textilních surovin ve výrobě na jednoho obyvatele. Po roce 1989 nedokázalo mnoho firem v Československu přežít nové podmínky otevřeného trhu. Došlo tak k ukončení činnosti mnoha textilních i oděvních výrobců, kteří nedokázali čelit levnému zboží z Asie.

Lze říci, že v současné době, kdy je konkurence vysoká a trh přesycen oděvními výrobky, se zákazníci začínají více zaměřovat na kvalitu výrobku. Samotní výrobci textilií se od tohoto faktu odrážejí a kladou větší důraz na kvalitu a trvanlivost oděvu. Používají různé technologie, které textilie z estetického, komfortního i uživatelského hlediska zkvalitní. Hledají tak zlatou střední cestu mezi kvalitou, funkčností a designem výrobku.

Tak je tomu i u pánských košilovin, kde jsou kladeny také vysoké nároky na kvalitu, design, omakové a fyziologické vlastnosti. Jedním z největších výrobců košilovin je firma MILETA a. s, která poskytla vzorky pro tuto práci.

Tématem diplomové práce je hodnocení nasákavosti košilovin pomocí termografické techniky. Celá práce je rozdělena na dvě části a to na část teoretickou a experimentální.

První část diplomové práce je zaměřena na stručný přehled košilovin, finálních úprav aplikovaných na ně a také zaměření na oděvní komfort. V práci jsou charakterizovány procesy spojené s transportem vlhkosti, faktory ovlivňující transport vlhkosti a také vliv vlhkosti na vlastnosti textilních materiálů. Dále se tato zaměřuje na teorii termografie, stručným popisem termogramu, emisivity, odrážející se zdánlivé teploty, termovizní kamerou a také jsou zmíněny oblasti použití termografie.

V experimentální části práce je charakterizován materiál použitý na tento experiment. První část experimentu je zaměřena na simulující navlhčení košiloviny při pocení. Pro vyhodnocení je použita metoda srovnávací termografické techniky a metoda vážení po absorpci kapaliny do struktury textilie. V druhé části je charakterizována vztlínavost. Tato zkouška je také měřena pomocí termografické techniky s následným

měřením metodou vážení po absorpci do struktury textilie. V závěru jsou výsledky z obou částí statisticky vyhodnoceny a graficky znázorněny.

### **CÍL**

Hlavním cílem této práce je na základě zkoumaných materiálů zjistit vliv finálních úprav na vzlínavost a savost košilovin.

# 1 Košiloviny

Košiloviny jsou textilie používané k výrobě košil. Patří mezi vrchové materiály prádlové. Prádlové výrobky jsou v přímém kontaktu s povrchem těla a mají důležitý význam pro normální funkci pokožky. Tyto výrobky mají za úkol chránit tělo před ochlazením a zašpiněním. Mezi další funkce patří odvádění vlhkosti od těla, to znamená odvádění potu. Hlavní vlastnosti prádlových textilií jsou nasákavost a prodyšnost. [1]

## 1.1 Rozdělení košilovin

Košiloviny se dělí do tří základních skupin: společenské košiloviny, košiloviny pro volný čas, pyžamoviny.

- **Společenské košiloviny**

Společenské košiloviny jsou ve většině případů zhotovovány z 100% bavlny nebo ze směsi bavlna/polyester. Nejčastěji jsou vyráběny v bílé barvě, ale zhotovují se i v pastelových odstínech, nebo s decentními proužky. [1]

- **Košiloviny pro volný čas**

Košiloviny pro volný čas se dělí na městské košiloviny a košiloviny sportovní. Městské košiloviny se zhotovují z 100% bavlny a ze směsí (např.: bavlna/len). Barevnost a vzorování je u městských košil velmi rozmanité např.: kára, proužky, pruhy, potisky. Sportovní košile se zhotovovaly z flanelu. V dnešní době je tento materiál nahrazován modernějšími materiály jako např.: směsí nylonu s lyocellem. Flanel je oboustranně počesaná tkanina většinou z bavlny nebo ze směsi bavlna/viskózová stříž. Je velice často pestře tkaná. Na bavlněné košiloviny se používají finální úpravy non iron, easy care a soft, které jsou popsány na dalších stranách. [1]

- **Pyžamoviny**

Pyžamoviny se vyrábějí z bavlny a také ze směsi bavlna/polyester. Používají se vlákna přírodní i syntetické polymery. Na pyžamoviny se používají konečné úpravy určené pro košiloviny. Na pánské pyžamoviny se používá nejčastěji materiál zvaný popelín, pro dámské a dětské noční prádlo je často využíván krep. Pyžamoviny určené na léto se zhotovují ze syntetických materiálů hedvábnického typu, v atlasové nebo plátnové vazbě. [1]

## 1.2 Finální úpravy aplikované na košiloviny

Díky finálním úpravám se zvyšuje prodejnost výrobku. Finálních úprav je dosahováno za pomoci fyzikálních, chemických nebo mechanických postupů. Hmatem nebo očima můžeme hodnotit výsledky těchto úprav. Jako výhodu těchto úprav můžeme uvést, že jsou snižovány negativní vlivy předchozích operací. [2]

Finální úpravy se dělí do čtyř skupin: vzhledové, omakové, ochranné a stabilizační. Do vzhledových finálních úprav se řadí mandlování, kalandrování, lisování, dekatování, postřihování a česání. Omakové jsou tužící, měkčící, plnicí a další. Ochranné úpravy se u košilovin příliš nepoužívají. Jedná se o nehořlavé, antistatické, antimikrobiální, nešpinivé nebo protimolové ochranné úpravy. Finální úprava stabilizační zahrnuje fixaci, proti žmolkování a nežehlivou, nemačkovou úpravu. [2,4]

Vzorky měřené v této diplomové práci poskytla firma Mileta a.s. Tato firma provádí předúpravu následujícím způsobem: řezná tkanina je opalována plynovými hořáky, je zbavena šlichty z osnovních přízí a poté následuje vyvážka, bělení, ždímání a mercerování. Tkanina se následně pere v plné šíři, aby se nepomačkala a lépe se na ní mohla aplikovat finální úprava. Tkanina musí mít správné pH a musí být savá. Po vysušení se na ní aplikuje finální úprava. Vzorky dodány od firmy Mileta a.s., které jsou zkoumány v této diplomové práci, mají následující finální úpravy Easy Care a Soft. Další používanou úpravou firmy Mileta a.s. je finální úprava Non Iron a avivážní (změkčovací, měkčící), která patří mezi omakové finální úpravy. Po nanesení této úpravy je oživen tvrdý, suchý a nepružný omak. Úprava je nanášena v konečné fázi a je semi-permanentní, což znamená, že se během praní z výrobku postupně uvolní. [3]

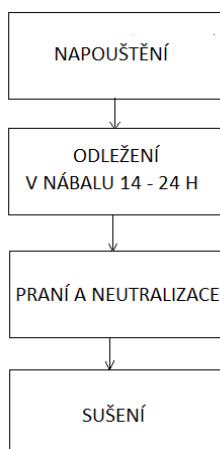
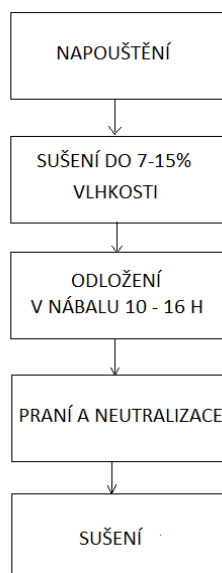
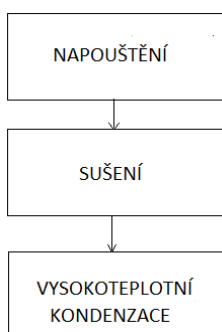
Je nutné volit vhodné reaktanty, pomocné prostředky, katalyzátory, a strojní vybavení, díky kterým se dosáhne požadovaného efektu. Rovnoměrným rozložením předkondenzátu, reaktantu ve struktuře vlákna se dospěje k optimálnímu efektu. Volí se vhodný typ válců a tlak při odmačku. Při sušení volíme teplotu a proudění.

Síťovací prostředky dělíme na:

- reaktanty
- samozesíťující prostředky.

Do tří skupin dělíme technologické postupy síťování podle vlhkosti (podle stupně zbobtnání celulóзовého podílu) Jednotlivé postupy jsou znázorněné na obrázcích 1, 2 a 3:

- síťování za mokra – nežehlivá úprava (vlhkost textilie 60-80%)
- síťování za vlhka,
- síťování za sucha – nemačková úprava (vlhkost textilie 0,5-2%) [3,1]

**Obrázek 1: Síťování za mokra [1]****Obrázek 2: Síťování za vlhka [1]****Obrázek 3: Síťování za sucha [1]**



Dále budou popsány finální úpravy, které jsou použity na vzorcích košilovin hodnocených v experimentální části diplomové práce a finální úprava Non Iron. V experimentální části jsou hodnoceny materiály s finální úpravou Easy care a Soft.

### **1.2.1 Non iron**

Povrchová úprava Non iron je známá také pod názvem nežehlivá úprava. Je především praktická a usnadňuje spotřebitelům údržbu. Tato úprava snižuje pomačkání textilií za mokrého stavu. Tkaniny jsou po správném ošetření hladké, bez lomů. Výrobku je dodána pružnost a usnadňuje se tím žehlení v domácnosti. Nejčastější je použití úpravy na košilovinách. Neznamená to ale, že se košile nemusí vůbec žehlit, když je zhotovena z nežehlivého materiálu. Košile je pouze nezmačkaná, není vyžehlená. Je prokázáno, že košile označené jako „nežehlivé košile“ jsou z marketingového hlediska prodejnější. [3,1]

Jde o síťování celulóзовých vláken ve zbobtnalém stavu. K síťování se používají bezdusíkaté nebo bezpryskyřičnaté přípravky. Dobrého úhlu zotavení za mokra se dosáhne aplikací předkondenzátu nebo reaktantů na zbobtnalé celulóзовé vlákno. Suché úhly zůstávají v podstatě nezměněny. [3,1]

Tato úprava se řadí mezi ty dražší a používá se na luxusnější tkaniny. Síťování celulóзы probíhá při 80 °C, neboť při nižších nebo vyšších teplotách by došlo k poškození tkaniny a její pevnost by se mohla snížit až o 50%. Na úpravnickém fuláru je tkanina klocována v lázni, kde síťovadlem je nízkoformaldehydová pryskyřice. Výstupní tkanina musí mít teplotu 31 °C a v nábalu se musí nechávat odležet 24hodin. V lázni se používá kyselina a proto je třeba neutralizace tkaniny na pH 2. Po tomto procesu následuje praní, sušení a také avivážová úprava. Důležité je, zda výrobce chce, aby úpravy byly permanentní nebo ne. Dodavatel poskytuje síťovací prostředky s katalyzátorem, aby reakce proběhla bez problémů. [3]

### **1.2.2 Easy care**

Easy care je úprava, kterou nazýváme nemačkovou. Tato úprava se nejčastěji používá u celulóзовých vláken. Snižuje mačkovost oděvu a to za mokra i za sucha. K zesítnění celulóзовých vláken dochází za sucha. V tomto případě je síťovacím prostředkem nízkoformaldehydová pryskyřice a chlorid sodný je katalyzátorem. K fixaci je používán horký vzduch a kondenzace probíhá při 165 °C po dobu 30 ti vteřin. Výsledkem je snížení odolnosti v oděru, ztráta pevnosti (20-30%) a hlavní je vysoká nemačkovost tkanin. Velkou výhodou je

spojení dvou operací, sušení a kondenzace v jednu operaci. Další výhodou je nízký obsah volného formaldehydu v textilií, proto není nutné tkaninu dodatečně prát. [3,1]

Výrobky s touto finální úpravou jsou schopny rychle vyrovnávat vzniklé lomy, které se tvoří při nošení. Tato úprava je spíše estetického charakteru.

### 1.2.3 Soft

Změkčovací úprava neboli úprava Soft je jednou z nejdůležitějších finálních úprav. Díky chemickému měkčení dochází k zlepšení omakových vlastností. [4]

Omak řadíme mezi subjektivní pocity a je založen na vnímání povrchu materiálů pomocí dlaní a prstů. Omak můžeme popsat tuhostí, tloušťkou a hladkostí, jak uvádí Howorth ve své práci. [5] Tkaniny, na kterých byla zhotovena tato finální úprava, jsou poddajnější, měkčí, pružnější a působí hustějším dojmem.

Vlákna jsou při zušlechťovacím procesu zbavována vosků a olejů, čímž ztrácí poddajnost a pružnost. Tyto vlastnosti se navracejí při finální úpravě. Úprava vykazuje antistatické účinky. Mezi nevýhody finální úpravy soft patří změna odstínu barevných tkanin a možnost zažloutnutí bílých tkanin. [4,5]

Tato finální úprava se dělí na semi-permanentní a permanentní. Permanentní Soft úpravu je nutno fixovat. [4,5]

## 2 Požadavky na košiloviny a oděvní komfort

Každý kupující vyhodnocuje materiál za pomoci doteku. Důležité vlastnosti, které jsou pro zákazníka rozhodující je pevnost, měkkost a drsnost košilovin. Subjektivní pocity ovlivňují konečné rozhodnutí zákazníka nikoliv výsledky hodnotících testů. Při výrobě je hlavním faktorem složení materiálu. Je nutné dbát na oděvní komfort košilovin a na mechanické vlastnosti. [1,6]

Jako komfort lidského organismu lze zjednodušeně nazvat stav, který lidé vnímají jako pocit pohody. Přesná definice je stav, kdy jsou fyziologické funkce v optimu a kdy oděv včetně jeho okolí nevytváří žádné nepříjemné pocity vnímané našimi smysly. To znamená, že nepřevládají pocity tepla ani chladu, je možné v takovémto stavu setrvat a taktéž pracovat. Komfort lidé vnímají všemi smysly: hmat, zrak, sluch a čich. Nepatří sem pouze chuť. [1,6]

V případě, že nemá člověk pocit pohody, mluvíme o tzv. diskomfortu. Při něm dochází k pocitu tepla, nebo chladu. Při působení tepla, vlhkém klimatu nebo při větším fyzickém zatížení nastává pocit nadměrného tepla. Naopak při malém fyzickém zatížení a také nízké teplotě dochází k pocitům chladu. Komfort se dělí na psychologický, senzorický, patofyziologický a fyziologický (termofyziologický) [1,6]

Tato práce se bude více zabývat fyziologickým komfortem. Termofyziologický komfort je stav lidského organismu za ideálních podmínek, kdy organismus nemusí regulovat tělesnou teplotu. [1,6]

Fyziologický komfort má několik podmínek:

- teplota pokožky 33-35 °C
- relativní vlhkost vzduchu 50 + - 10%
- obsah CO<sub>2</sub> 0,07%
- Nepřítomnost vody na pokožce [6]

Termofyziologický diskomfort nastává když:

- 25% těla je pokryto potem
- člověk začíná pociťovat teplo
- člověk začíná pociťovat chlad [6]

## Hodnocení termofyziologického komfortu

Fyziologický komfort se dá hodnotit dvěma způsoby a to objektivním a subjektivním. Objektivní hodnocení fyziologického komfortu se zhotovuje v klimatizované místnosti, kde se sleduje průběh fyziologických funkcí v závislosti na klimatických podmínkách a také na fyzickém zatížení člověka.

Subjektivní hodnocení zaznamenává vjemy člověka na základní otázky a odpovědi. To se zaznamenává před, v průběhu a také po skončení experimentu. [6]

### 2.1 Transport vlhkosti a tepla mezi organismem a okolím

Lze říci, že transport vlhkosti je důležitou vlastností termofyziologického komfortu. Transport vlhka a tepla u oděvních materiálů je velice složitý a závisí na lidské činnosti, tělesné teplotě, prostředí a na množství vrstev oděvního materiálu. [1]

Při složitém procesu regulace lidského organismu je odvádění tepla z pokožky provázeno samovolným pocením. Výzkumy prokázaly, že při odpařování jednoho litru potu člověk přichází cca o 2,4 MJ tepla. V závislosti na různých faktorech může odpařování potu dojít do takové míry, že může být velmi důležitým faktorem pro zajištění tepelné rovnováhy lidského organismu a ve finále je důležitější než transport tepla vedením. Předpokládá se, že rozdíl parciálních tlaků, které určují rychlost odvodu vlhkosti, bude co nejvyšší. Pokud se tento rozdíl sníží, odvod vlhkosti klesá a ochlazovací účinek systému mizí, avšak za předpokladu, že se jedná o oblečený organismus. Ten pracuje podle jiných principů a vlhkost z povrchu kůže je odváděna několika způsoby:

- sorpčně
- migračně
- difuzí
- kapilárně [1]

Přenos tepla lze popsat pomocí Fourierovy hypotézy o šíření tepla v těle. Velikost přestupu tepla je určena z velikosti součinitele tepelné vodivosti a ta je ovlivněna množstvím vrstev oblečení, druhem textilního materiálu a hlavně vzduchem, který je uzavřený v oděvních materiálech. Vzduch uzavřený v oděvních materiálech je významný tepelný izolant.[1]

## 2.2 Procesy spojené s transportem vlhkosti

Jednotlivé procesy spojené s transportem vlhkosti jsou velice důležité k návrhu textilií. Oděvy vytvořené z těchto materiálů musí splňovat potřeby uživatelů. S tepelnou rovnováhou lidského těla je úzce spojen termofyziologický komfort. Je snaha udržovat konstantní tělesnou teplotu, která je okolo 37C° (teplota může vzrůst, nebo klesnout zhruba o 5 C°). Důležitou roli hrají v transportu vlhkosti procesy závislé na typu materiálu, atmosférických podmínkách, obsahu vlhkosti v materiálu a na pocení. [8]

Při běžné sportovní aktivitě a při normálních atmosférických podmínkách je teplo odváděno do atmosféry vedením (konvekcí a radiací). V případě větší sportovní aktivity a při vyšších klimatických podmínkách dochází k aktivování potních žláz a tvorbě kapalného potu. Pokud je pot uvolňován do ovzduší, nese teplo a snižuje tělesnou teplotu. V případě, že během pocení dojde k pomalému přenosu vlhkosti, absolutní a relativní vlhkost je zvýšená a je potlačováno odpařování potu. V případě, že se vlhkost hromadí ve vnitřní vrstvě textilie, dochází k snížení tepelné izolace oděvu a ztrátě tělesného tepla. [8]

Prostřednictvím textilních materiálů se vlhkost přenáší ve formě plynné nebo kapalně. Textilními materiály mohou vodní páry procházet následovně: absorpcí a desorpcí vodních par do vláken, difúzí vodní páry přes vrstvy, přenosem vodních par, řízením prouděním vzduchu a adsorpcí, migrací vodní páry podél povrchu vláken. Vodní pára se šíří ve dvou směrech a to mezi vlákny nebo podél vlákna. [8]

### 2.2.1 Sorpce a desorpce

Důležitá je sorpce a také desorpce pro udržování mikroklimatu v přechodných podmínkách. Textilie, která je nasáková z vlhkého vzduchu, absorbuje vodní páru v blízkosti potící se pokožky a uvolňuje ji do suchého vzduchu. Ve srovnání s textilií, která vlhkost neabsorbuje, se v tomto případě zvyšuje průtok vodní páry z pokožky do prostředí. V okolním vzduchu se tak udržuje konstantní vlhkost. Páni Holcombe a Barnes sledovali rozdíly v transportu vlhkosti, které byly způsobeny sorpcí materiálu. [7]

Adsorpce vzniká na základě Van der Waalsových přitažlivých sil, mezi molekulami páry a povrchem textilie. Čím nižší je teplota a čím vyšší je tlak, tím je vyšší vstřebávání molekul páry. Ve stavu termodynamické rovnováhy je chemické napětí páry rovno chemickému napětí adsorbované vody. [7]

Množství vodní páry, které může textilní materiál pohltit, závisí na obsahu vlhkosti atmosféry a na typu vlákna. U hygroskopických vláken (např.: umělé hedvábí, bavlna) sorpční chování ovlivňuje také bobtnání vláken. Při bobtnání se mezi vlákny snižuje velikost pórů a tím se snižuje prostup vodní páry do materiálu. Díky rozsáhlému bobtnání se zablokují kapiláry mezi vlákny, což vede k nižšímu odvodu. [8]

### 2.2.2 Konvekce

Konvekce nastává při proudění vzduchu přes vlhkou vrstvu a je modelem přenosu vlhkosti. V tomto procesu je přenos hmoty řízen rozdílem koncentrace páry v okolní atmosféře a ve zdroji vlhkosti. Kondenzace a odpařování je závislé na rozložení vlhkosti u pórovitých textilií a také na teplotě. Díky odpařování dochází k ochlazení těla a proud vzduchu zvyšuje přenos tepla odpařováním. [6,8]

### 2.2.3 Difúze

Pára přechází při difúzi uvnitř porézní textilie z místa vyšší koncentrace na místo nižší koncentrace neuspořádaným pohybem molekul. Póry se křivolakostí a velikostí zúčastňují na kapilárním odvodu. První Fickův zákon uvádí difuzní tok v ustáleném stavu pro izotropní materiál. [6,8]

Vlhkost prostupuje u textilií ve směru s nižším parciálním tlakem vodní páry. Vodní pára prochází skrz textile dvěma způsoby: přes hmotu vláken nebo vzduchovými póry mezi vlákny. Při difúzi přes vlákna prochází pára z vnitřní strany textilie k povrchu vláken. Následovně postupuje podél vláken, až dosáhne vnější strany textilie. Při určitém růstu koncentrace závisí rychlost difúze podél textilního materiálu na difúzním koeficientu vodní páry ve vláknech a na poréznosti textilie. [6,8]

### 2.2.4 Kapilární odvody

Kapilárním odvodem se bude zabývat experimentální část diplomové práce. Vzlínavost neboli kapilarita je schopnost látek vézt kapalinu proti směru gravitačních sil působením kapilárních sil. Pot v kapalném stavu je odsáván první textilní vrstvou, kdy jejími kapilárními cestami vzlíná všemi směry do plochy textilie. Tomu se také říká tzv. knotový efekt. K intenzivnímu odvodu potu je nutné, aby silový účinek preferoval pohyb vlhkosti. Kapilární tlak  $\Delta p$ , který způsobuje tok kapalné vlhkosti obecně od velkých pórů o efektivním poloměru

R k malým pórům odpovídajícím poloměru  $r$ , je úměrný povrchovému napětí vody  $\gamma$  a funkci  $\cos$  kontaktního úhlu  $\Theta$  podle rovnice:

$$\Delta P = 2\gamma [(p_r \cdot \cos\Theta_r / r) - (P_R \cdot \cos\Theta_r / R)]$$

$p$  zde představuje zvětšení vnitřního povrchu kapilárních kanálů. V případě, že na vláknech byla použita finální úprava zvyšující drsnost vláken, kapilární tlak se zvýší a díky tomu se na takto upravených látkách zvětšuje knotový efekt. Aby se dosáhlo co nejintenzivnějšího odvodu vlhkosti, musí být struktura příze kompaktní a prostor mezi tvarovanými vlákny co nejmenší. Adheze musí být mezi kapalinou a vláknem dostatečně malá, aby výsledný silový účinek upřednostňoval pohyb vlhkosti. Vláknata bavlněná a viskózní jsou příkladem vláken, kde adhezní síly převyšují síly kapilární. [6,8]

## 2.3 Faktory ovlivňující transport vlhkosti

Mezi další faktory, které mají vliv na odvod vlhkosti, patří například zakrucování pórů, které záleží hlavně na nesrovnalostech v průměru vlákna, uspořádání vláken. Čím vyšší je zakroucení pórů, tím nižší je nasákavost materiálu. Na proudění kapaliny má vliv hustota a geometrie pórů a ta se mění v závislosti na struktuře textilie. [6,8]

Bavlněné materiály jsou velice smáčivé, dynamický povrch není velmi dobrý. Povrch bavlněných materiálů vytváří ve vysokém stavu pocení lepkavý pocit. Opakem těchto vláken jsou vlákna polyesterová, která se špatně smáčí. U člověka za normálního stavu činí pot zhruba  $15 \text{ g/m}^2$  a v případě, že se aktivita či teplota zvýší, zvyšuje se i již zmíněná hodnota na  $100 \text{ g/m}^2$ . Pokud dochází k hromadění vlhkosti v oděvu, nastává snížení tepelné izolace oblečení a nastává tak diskomfort. [6,8]

Vlhkost je přepravována ve vlhkém prostředí přes textilie jak v kapalně, tak i plynné formě. Bylo zjištěno, že k transportu vlhkosti ve vlhkých přechodných podmínkách dochází ve třech fázích. Při první fázi vodní pára difunduje do textilie, při druhé fázi je sorpční vlhkost vláken mnohem pomalejší než v první fázi a v třetí fázi se zvyšuje sorpční proces. [6,8]

Transport vlhkosti přes textilní materiál je spojen s přenosem tepla a stejně tak hmoty. Během přenosu molekuly vody přes textilní materiály dochází k absorpci vzhledem k jejich chemické povaze a uspořádání. Savost materiálu závisí na množství vyrobeného tepla. Čím větší je vlhkost, tím větší je účinnost přenosu tepla. Šíření vlhkosti a přenos tepla závisí na průměru vláken, vodní páře, difúzním koeficientu, hustotě a sorpčním teplem. [6,8]

## 2.4 Vliv vlhkosti na textilní materiály

Projevuje se mnohem častěji u vláken hydrofilních, než u vláken hydrofobních. Díky stoupající vlhkosti ve většině případů klesá pevnost a stoupá tažnost vláken. Textilní vlákna udržují rovnováhu vlhkosti s okolním prostředím. Díky absorpci nebo desorpci vody dochází ke změnám rozměrů vláken. Díky změnám rozměrů materiálu může docházet k mechanickému poškození a odírání vláken. V závislosti na relativní vlhkosti vzduchu je část kondenzované vody transportována do vlákna. Část zůstává na povrchu a je transportována kapilárními silami. Sorpci vlhkosti ve vláknech ovlivňují hydrofilní skupiny v makromolekule vlákna a jejich přístupnosti pro molekuly vody. Důsledkem absorpce vody je změna rozměrů vláken v jejich bobtnání. Vlivem tvorby vodíkových můstků v amorfních oblastech vlákna dochází k výraznému příčnému bobtnání, podélné bobtnání je výrazně nižší, což vede k anizotropii bobtnání vláken. [28]

### 2.4.1 Vliv vlhkosti na přírodní vlákna

Celulózová vlákna jsou těsnější než vlákna polymerní. Díky vlivu vlhkosti dochází k zvyšování pevnosti vláken. Ve své strukturní jednotce mají tato vlákna tři hydrofilní hydroxylové skupiny, nesorbují vlhkost stejně, závisí na jejich přístupnosti. Se zvyšujícím se obsahem vlhkosti dochází ke zvýšení pevnosti u celulózových vláken a naopak u hedvábných a vlněných vláken dochází ke snížení pevnosti se zvyšujícím se obsahem vlhkosti. To nemusí platit pro poškozená vlákna. [28]

Na změny vlhkosti jsou velmi citlivá bavlněná vlákna. Bavlna pohlcuje 25-27% vlhkosti.

Silně navlhavá jsou vlákna lněná a jutová. Jutová dokáží pojmout až 34% vlhkosti. Při nízké relativní vlhkosti vzduchu dochází k vysušování vláken a ta jsou díky tomu křehká a lámavá. [28]

Vlněná vlákna při 100% relativní vlhkosti vzduchu obsahují až 33% vlhkosti. Vlněná vlákna bobtnají v podélném směru o 1-2% a v příčném o 35-40%. Tato vlákna nejméně bobtnají v isoelektrické oblasti, to znamená při hodnotě  $pH=(5-7)$ . Nad a pod isoelektrickou oblastí, vlákna mnohem více bobtnají. Vznik vodíkových můstků se projevuje po namočení vlněných vláken do vody a následujícím protažení a vysušení. Toto protažení může být až dvojnásobné a je trvalé do dalšího namočení. Po namočení se vlákno vrací do původní podoby. Vlněná vlákna bobtnají ve studené vodě zhruba o 10% víc. Pokud jsou chemicky



poškozená, bobtnají asi o 20% i více. Rozměry vlákna se při opatrném sušení vrátí do původních rozměrů. [28]

Proteinová vlákna mají dostatek skupin a mohou sorbovat molekuly vody. Molekuly vody se mohou vázat přímo na aktivní místa nebo na molekuly vody, které už jsou ve vlákne obsažené. Sorpce a desorpce vlhkosti neprobíhá u textilních vláken stejně. To znamená, že vlhkost vlákna za podmínek jako je například: teplota, tlak anebo relativní vlhkost je v rovnováze s okolím a bude různá, pokud bylo dosaženo rovnovážného stavu sorpcí nebo desorpcí. [28]

#### **2.4.2 Vliv vlhkosti na syntetická vlákna**

U syntetických vláken se ve vlhku nemění tažnost ani pevnost díky nízkým sorpčním vlastnostem. Čím větší jsou sorpční vlastnosti vlákna, tím intenzivnější je změna tahových křivek. Voda v polymerech působí jako plastifikátor snižující teplotu skelného přechodu a zvyšující tažnost. [28]

### **2.5 Prodyšnost**

Prostup vzduchu neboli prodyšnost, je vlastností ovlivňující fyziologický komfort. V případě, že je oděv dobře propustný pro vzduch a vnější vzduch je chladnější, je možné při velké fyzické zátěži většinu tepla odvádět za pomoci ventilace. Vysoká prodyšnost oděvu je důležitá hlavně u letních oděvů a u oděvů sportovních. Prodyšnost je velmi důležitou vlastností a hodnotí se na přístrojích FX 3300. Náležitosti k měření prodyšnosti jsou definovány v normě ČSN EN ISO 9237. Je to rychlost proudu vzduchu, procházející kolmo zkušebním vzorkem při určitých podmínkách pro daný vzorek - doba a tlakový spád. Prodyšnost je jednou ze základních užitných vlastností plošných textilií. Je závislá na strukturních prvcích tkanin např.: dostava osnovních a útkových nití, průměry osnovních a útkových nití, tloušťka, objemová hmotnost a vazba tkaniny. Prodyšnost textilie je ovlivněna typem a provedením finální úpravy. [6]

### 3 Teorie termografie

Z fyzikálního hlediska lze říci, že každé těleso, které má teplotu nad absolutní nulou ( $-273,15$ ), emituje infračervené záření. Pokud teplota vzrůstá, roste i intenzita záření z měřeného objektu. Termovizní kamery dokážou toto záření v spektrálním rozsahu  $7,5 - 13\mu\text{m}$  detekovat a převést do termovizního obrazu. (1) V převodu na digitální snímek se musí brát zřetel na emisivitu povrchu, odražené teploty a na atmosférické podmínky a další. [9,10]

Snímače kamer pracují na principu tepelných snímačů, kde dochází při absorpci fotonů k citlivé části senzoru a pohlcená energie se vyhodnocuje nepřímo přes senzory teploty nebo v provedení jako kvantové snímače s vyhodnocením infračerveného záření fotoelektrického jevu v polovodičích. U kvantových senzorů infračerveného záření se využívá fyzikálních jevů vznikajících při přímé interakci dopadajících fotonů na strukturu senzoru. [9,10]

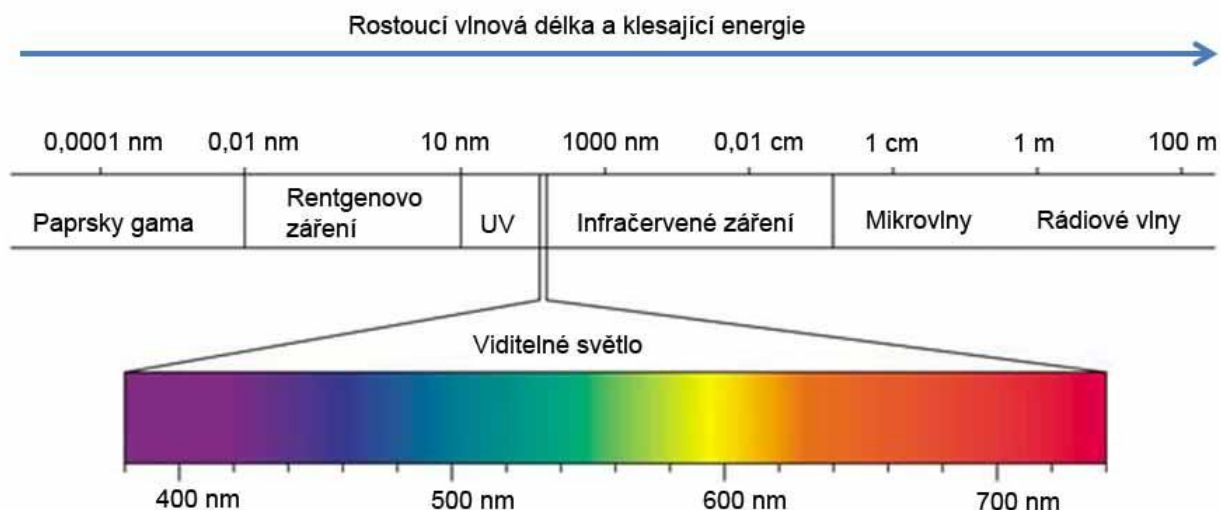
Díky termografii lze zabránit různým závadám, ke kterým může dojít u různých zařízení a při provozu. Termografie vznikla v roce 1965 a dostala se do povědomí díky firmě AGA Infrared Systém. V dnešní době jsou kamery s vysokou rozlišovací schopností a rychlostí nepostradatelnou součástí v různých odvětvích. Využívají se v průmyslu, energetice, dopravě, stavebnictví, medicíně i ve výzkumu. [9,10,11]

#### 3.1 Termogram

Pomocí termokamery vzniká obraz, který nazýváme infračervený snímek, tzv. termogram (termovizní snímek). Infračervené záření nelze vidět lidským okem, a tudíž se termovizní snímky vizualizují pomocí okem viditelných palet. Ty přiřazují různým teplotám barvy. Lze zobrazovat stejné snímky v různých barevných paletách a díky tomu se zviditelní nebo zdůrazní rozdílná místa. [9,12]

##### 3.1.1 Infračervené záření

Vlnové pásmo infračerveného záření se využívá v termografii. Je to část elektromagnetického spektra, která není pouhým okem viditelná a projevuje se tepelnými účinky. Infračervené záření se pohybuje na vlnové délce mezi  $0,78\mu\text{m}$  a  $1\text{mm}$ . Na obrázku 4 je znázorněno elektromagnetické spektrum. [13,14]



Obrázek 4: Elektromagnetické spektrum [24]

Veškerá hmota generuje infračervené záření, pokud je teplota vyšší než absolutní nula. Jako zdroj tepla můžeme nazvat každý objekt, který má vyšší teplotu než 0 Kelvinů. Jsou to všechny objekty v našem okolí.

Toto záření se dělí na jednotlivá pásma, rozdělení není jednoznačné a v různých parametrech bývá odlišné. Jedním z často užívaných rozdělení je:

- blízká infra oblast: 0,75μm až 2μm NWIR (NearWave Infra-Red)
- krátkovlnná oblast: 2μm až 3μm SWIR (ShortWave Infra-Red)
- střední infra oblast: 3μm až 5μm MWIR (MiddleWave Infra-Red)
- vzdálená infra oblast: 5μm až 15μm LWIR (LongWave Infra-Red)
- velmi vzdálená infra oblast: 15μm až 1mm VLWIR (VeryLongWave Infra-Red) [13,21]

### 3.1.2 Záření reálných těles

Zářivá energie o vlnových délkách procházejících určitou plochou za jednotku času se nazývá zářivý tok. Značí se  $\Phi_e$  a jeho jednotkou je watt (W).

Je-li těleso ozářeno zářivým tokem -  $\Phi$ , pak těleso bude část toku pohlcovat -  $\Phi_a$ , část toku se bude odrážet -  $\Phi_r$  a další část se bude propouštět -  $\Phi_t$ . Jelikož toto platí pro všechna tělesa, definují se součinitelé popisující vlastnosti těles.

- Součinitel pohltivost:  $\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi}$
- Součinitel odrazivosti:  $\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi}$

- Součinitel propustnosti:  $\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi}$

Ze zákona o zachování energie platí:  $\Phi = \Phi_a + \Phi_r + \Phi_t = \alpha\Phi + \rho\Phi + \tau\Phi$

Z toho plyne:  $\alpha + \rho + \tau = 1$

Pro tělesa, která nejsou transparentní ( $\tau=0$ ) platí:  $\alpha + \rho = 1$

Z toho vyplývá, že pokud těleso odráží sálavou energii, pak ji špatně pohlcuje a naopak. [15,16]

### 3.1.3 Záření absolutně černého tělesa

Černé těleso nazýváme také absolutním černým tělesem, nebo černým zářičem. Je to ideální těleso pohlcující veškeré záření všech vlnových délek, dopadajících na povrch. Je také ideálním zářičem, který vysílá největší možné množství zářivé energie, ze všech těles o stejné teplotě. Jeho součinitel odrazu a součinitel prostupu je roven nule. Pohltivost je úplná a to znamená  $\alpha = 1$ . [15,17]

Součinitel pohlcení černého tělesa dosahuje hodnoty 1 na všech vlnových délkách. U modelu černého tělesa je menší než 1. Hodnota součinitele pohlcení u kvalitních černých těles se přibližuje hodnotě 1. [15,17]

V přírodě neexistuje dokonalé černé těleso, ale lze jej vyrobit uměle. Jako model černého tělesa se dá využívat dutinový zářič. Do dutiny dopadne otvorem zářivý tok a ten se mnohonásobným odrazem dokonale pohltí. [15,17]

### 3.1.4 Základní zákony záření

Mezi základní zákony záření patří Planckův vyzařovací zákon, Kirchhoffův zákon, Wienův posunovací zákon a Stefan-Boltzmanův zákon. V matematických vzorcích nám podrobněji vysvětlují zářivost, pohltivost a odrazivost jednotlivých těles.

- Planckův zákon – Planckův zákon vyjadřuje závislost intenzity záření, absolutně černého tělesa na frekvenci. Intenzitu záření  $I$  o frekvenci  $\omega$  chápeme tak, že spektrum je rozděleno na nekonečně malé a stejně velké intervaly frekvencí a intenzity záření  $I$  o frekvenci  $\omega$  pak znamená intenzitu záření o frekvencích z intervalu, který obsahuje frekvenci  $\omega$ . Toto formuloval Max Planck roku 1900. [18]
- Kirchhoffův zákon - Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) vytvořil dva zákony, podle nichž lze sestavit potřebný systém nezávislých rovnic. Kirchhoffův zákon vyjadřuje

vztah mezi zářivostí a pohltivostí tělesa. Dochází k výměně tepla mezi dvěma rovnoběžnými stěnami. [18,19]

- Wienův zákon- Wienův posunovací zákon – je fyzikální zákon, který konstatuje, že v záření absolutně černého tělesa je maximální energie vyzařována na vlnové délce, která se s rostoucí termodynamickou teplotou snižuje (tj. čím teplejší je těleso, tím vyzařuje na kratších vlnových délkách, tj. vyšších frekvencích): [18]

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{konst.} = 2,898 \cdot 10^{-3}$$

- Stefan-Boltzmanův zákon - popisuje celkovou intenzitu záření absolutně černého tělesa. Tento zákon říká, že intenzita vyzařování roste se čtvrtou mocninou termodynamické teploty zářícího tělesa.

$$M = \sigma \cdot T^4$$

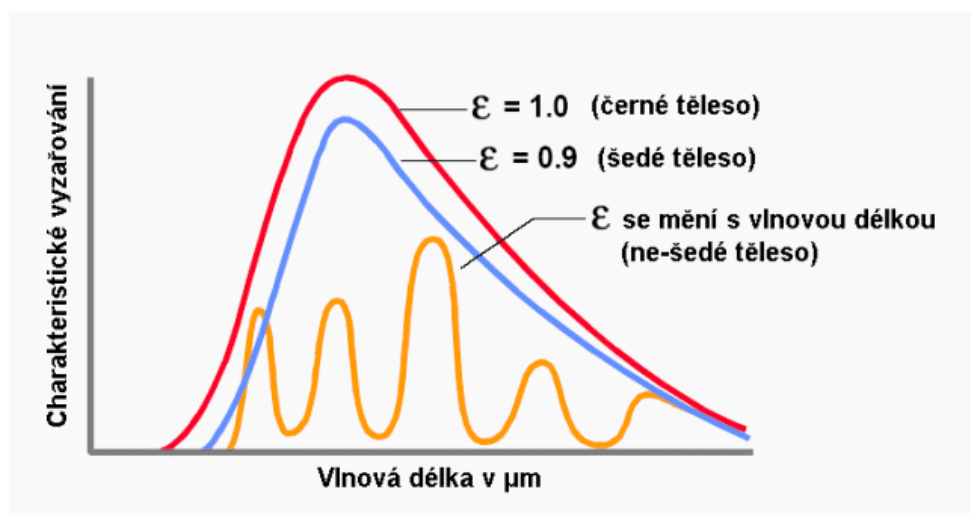
a pro obecné těleso ještě na jeho emisivitu

$$M = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

Intenzita vyzařování je označena  $M$ ,  $\sigma$  je to Stefan Boltzmannova konstanta a ta má přibližnou velikost  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-4}$  a  $T$  je zde označením pro teplotu černého tělesa. [18]

### 3.2 Emisivita

Emisivita je mírou schopnosti daného předmětu vyzařovat infračervenou energii, která nese informaci o jeho teplotě. Emisivita může nabývat hodnot od 0 do 1,0. Hodnotu 1,0 má černé těleso a hodnotu 0 mají tělesa lesklá. Většina organických, nebarvených nebo zoxidovaných povrchů má emisivitu blízkou hodnotě 0,95, jak je graficky znázorněno na obrázku 5. Proto mají některé jednodušší teploměry emisivitu pevně nastavenou na tuto hodnotu. Dokonalejší přístroje disponují možností uživatelského nastavení emisivity, aby ji bylo možné lépe přizpůsobit skutečným podmínkám měření. [21, 26, 24]



Obrázek 5: Emisivita [24]

### 3.2.1 Součinitel emisivity

Jednou ze základních podmínek při bezkontaktním měření teplot je znalost koeficientu (součinitele) emisivity.

Součinitel emisivity závisí na:

- materiálu měřeného tělesa
- vlnové délce
- vlastnostech povrchu
- teplotě tělesa a na směru (úhlu) vyzařování z tělesa [20, 21]

### 3.2.2 Jak zjistit hodnotu emisivity

K stanovení emisivity jsou různé metody. Emisivita se vyhledává v tabulkách. Tabulky emisivity také pomáhají nalézt správné pásmo vlnových délek pro daný materiál a tím zvolit správný měřicí přístroj. Pokud bychom měřili kovy, emisivita by se podle tabulek měla brát pouze orientačně.

Pokud není známá hodnota emisivity, je několik způsobů, jak tuto hodnotu zjistit. Při použití termografického systému, který umožňuje měnit hodnoty udávající emisivitu a také odrážející se zdánlivou teplotu:

- Kontaktně se změří teplota v určitém místě nebo oblasti, nastaví se zdánlivě odražená teplota a následovně se zadá součinitel emisivity, až systémem vypočtená teplota je stejná, jako skutečná kontaktně změřená teplota. Doporučuje se postup opakovat při

jiných teplotách měřeného tělesa. Dalším doporučením je, aby měřený objekt při měření emisivity byl min. o 10°C vyšší, než teplota okolního prostředí.

- Oblast měření opatříme látkou, která má známou emisivitu. Příkladem je: (ThermoSpot) štítek o známé emisivitě, (ThermoSpray) speciální černá barva a černá izolační páska. Bezkontaktně se změří teplota místa, kde je nanesena známá emisivita. Teplota v bezprostředním okolí krytí bude stejná jako v místě krytí. Získáme údaj o skutečné teplotě a nadále postupujeme jako v prvním bodě.
- Pokud je těleso příliš členité, je nutné celý objekt zahřát na jednu teplotu. Po zahřátí se v co nejkratším čase pořídí termogram. Seč na termogramu zobrazí jednotlivé části tělesa s odlišnými teplotami. Rozdíl teplot zobrazených na termogramu není v rozdílu teplot, ale v rozdílu jiných emisivit. Jelikož teplota je známá, emisivita jednotlivých částí se vyhodnotí podle prvního bodu. [21,27,24]

### 3.3 Odrážející se zdánlivá teplota

Zdánlivá odražená teplota je udávána jako poměr odraženého nebo spektrálně odraženého zářivého toku (na měřený objekt) k celkovému zářivému toku dopadajícímu na povrch měřeného objektu. Dalšími parametry ovlivňujícími měření je vzdálenost od měřeného objektu a okolní atmosféra. [21]

### 3.4 Termovizní kamera

K získání snímků v experimentální části diplomové práce byla použita termovizní kamera firmy FLIR, typu X6540sc, která je na obrázku 6. Tato kamera má několik parametrů, které jsou níže popsány.

#### 3.4.1 Termovizní kamera typu X6540sc

Tato infračervená kamera má rozlišení 640 x 512 obrazových bodů a automatickou identifikaci obrazu. Kamera má LCD displej a software FLIR R&D. [22,23]

#### Parametry kamery:

Teplotní citlivost: 20 mK

Zaostřování: motorické

Přesnost:  $\pm 1^\circ\text{C}$  nebo  $\pm 1\%$

Spektrální rozsah: 1,5 - 5,1 $\mu$ m

Teplotní kalibrace: volitelné od -20°C do +3000°C

Záznamová rychlost při plném rozlišení: 125 Hz [23]



Obrázek 6: Termovizní kamera typu X 6540sc [23]

### 3.5 Oblast použití termografie

V současné době jsou kamery díky rychlosti a rozlišovacím schopnostem nepostradatelné v mnoha oborech. Často se využívají například v průmyslu, energetice, stavebnictví, medicíně i ve výzkumu. [9,12]

V medicíně se termovizní kamery používají v neurologii a pracovním lékařství. V onkologii se využívají při diagnózách nádorů v oblasti povrchu těla, kožních nádorů a také při onemocnění štítné žlázy. [9,12]

Ve stavebnictví se využívají ke kontrole strojních dílů a mechanismů, ke kontrole elektrických rozvodů, systémů vytápění, nebo různých tepelných izolací. Ve stavebnictví se pomocí termografie kontrolují stavební pláště staveb z hlediska úniku tepla. Začaly se taktéž využívat ke snímání tepelných obrazů zemského povrchu v určitých lokalitách. [9,12]

Zajímavé je využití termografie v oblasti umění. Využívají se při restaurování historických a uměleckých děl. Dají se tak rozpoznat pozdní zásahy do uměleckých děl. Lze také pomocí infračerveného záření rozpoznávat lazury, pigmenty, přelakované a přemalované vrstvy obrazů, zviditelnění vybledlých míst a signatur. [9,12]

Díky bezkontaktnosti, přesnosti a nedestruktivnosti této metody ji lze využívat pro vykreslování teplotních polí. Metoda se taktéž využívá v péči o životní prostředí, např.: měření na skládkách odpadu, eliminace rizik vzniku požáru. [9,12]



### 3.5.1 Použití termovizní techniky v textilním průmyslu

Termovizní technika se v průběhu několika posledních let rozšířila i do textilního průmyslu. V této diplomové práci byla využita termovizní kamera k hodnocení nasákavosti košilovin. [24,25]

## 3.6 Výhody a nevýhody bezdotykového měření

### Výhody:

- Měření teploty je rychlé (v milisekundovém rozsahu)
- Umožňuje měření teploty pohybujících se objektů (rotující součástí, výrobků na dopravnících apod.)
- Bezpečné měření na nebezpečných nebo nesnadno dostupných objektech (součásti pod elektrickým napětím, pohyblivé součásti, vzdálené objekty)
- Můžeme tímto způsobem měřit i velice vysoké teploty (nad 1300 °C)
- Není zde žádné ovlivnění měřeného objektu, není z něho při měření odebírána žádná energie
- Není zde riziko kontaminace a nejsou zde žádné mechanické účinky na povrch měřeného objektu. Nedojde k poškrábání povrchu a také můžeme měřit měkké povrchy. Tohoto měření se využívá například v potravinářství, neboť je naprosto hygienické. [24,25]

### Nevýhody:

- Měřený objekt musí být opticky (infračerveně viditelný). Vysoká úroveň kouře nebo prachu snižuje přesnost měření
- Pevné překážky, jako jsou uzavřené kovové reakční nádoby, dovolují pouze povrchová měření. Vnitřní teplotu v nádobě nelze takto měřit.
- Optika čidla musí být chráněna před prachem a kondenzujícími kapalinami. Je možno měřit pouze povrchovou teplotu, ale je nutné brát v úvahu různou emisivitu jednotlivých materiálů [24,25]
- Termovizní kamera zobrazuje teplotní pole, nikoliv smočený materiál, což je velká nevýhoda pro experiment této diplomové práce

## 4 Experimentální část

V experimentální části práce budou měřeny vybrané vzorky košilovin. Hodnocena bude zkouška simulace navlhčení košilovin při pocení pomocí termografické metody a metodou vážení po absorpci. Také bude vyhodnocena zkouška vzlinavosti, která je také měřena dvěma metodami a to termografickou metodou a vážením po absorpci. Naměřená data budou statisticky vyhodnocena. Měřeno a následně hodnoceno je osm vzorků košilovin dodaných firmou Mileta a.s. Čtyři vzorky jsou košiloviny bez finální úpravy a zbylé čtyři jsou košiloviny s finální úpravou. Z toho tři vzorky mají finální úpravu Easy care a jeden vzorek má finální úpravu Soft. Tyto finální úpravy jsou popsány v teoretické části této diplomové práce. Experimentální část bude rozdělena na čtyři dílčí části, jejichž cíle jsou popsány níže.

### 4.1 Charakteristika měřených materiálů

Pro experimentální část diplomové práce bylo použito osm druhů materiálů. Tuto sadu materiálů tvoří košiloviny s názvem Savoy, Symphony, Jive a Duca a materiálové označení je M1-M4. Pod označením materiálu najdeme vždy dva vzorky a to vzorek s finální úpravou a vzorek bez finální úpravy. V této diplomové práci jsou tyto vzorky porovnávány.

Všechny uvedené vzorky jsou ze 100% bavlny a jednotlivá charakteristika materiálů je uvedena v tabulce 1. V tabulce je zaznamenán: název materiálu, označení materiálu, finální úprava, vazba, jemnost, dostava, plošná hmotnost a tloušťka jednotlivých materiálů.

Tabulka 1: Charakteristika materiálů

Název materiálu	Označení materiálu	Finální úprava	Vazba	Jemnost [tex]		Dostava [příze/100mm]		Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	Tloušťka [mm]
				osnova	útek	osnova	útek		
Savoy	M1	-	plátno	5,2	5,2	72	33	103	0,389
	M1-EC	Easy care	plátno					107	0,344
Symphony	M2	-	plátno	6,4	6,4	93	46	89	0,275
	M2-S	Soft	plátno					91	0,296
Jive	M3	-	plátno	8,4	8,4	72	38	95	0,332
	M3-EC	Easy care	plátno					99	0,342
Duca	M4	-	kepr	6,2	6,2	60	46	127	0,456
	M4-EC	Easy care	kepr					127	0,43

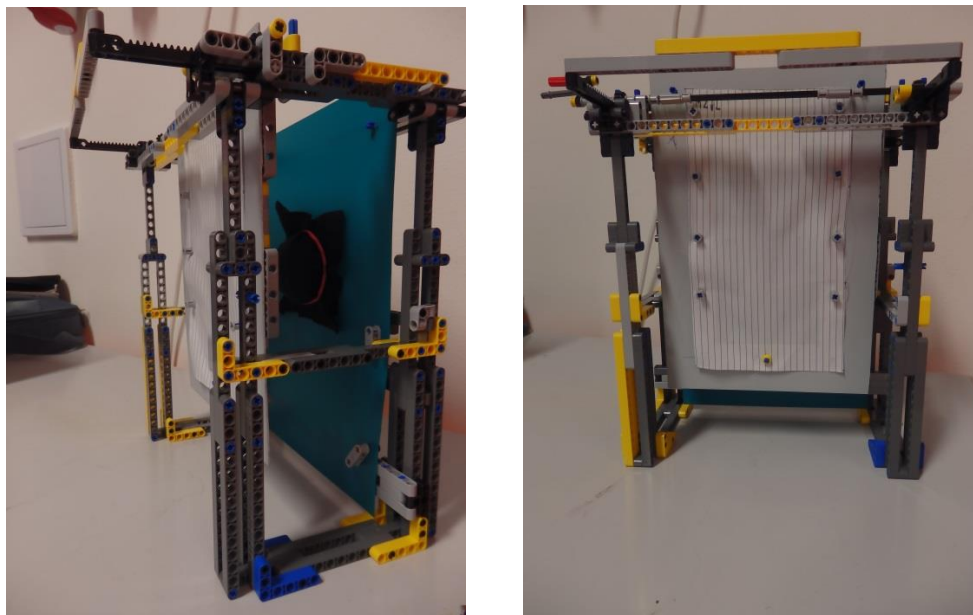
## 5 Experiment – Simulace navlhčení košilovin při pocení

Cílem experimentu bylo navrhnout a vytvořit zařízení simulující navlhčení košiloviny při pocení a zjistit šíření kapalné vlhkosti. V tomto experimentu byla použita termografická metoda a metoda vážení po absorpci. Simulace navlhčení košilovin při pocení byla měřena pomocí termovizní kamery značky FLIR a vyhodnocována pomocí obrazové analýzy v programu NIS Elements. Termovizní kamera nesnímala v tomto případě teplotu daného objektu, ale pouze sloužila jako zobrazovací prostředek rozdílných teplotních polí a ta byla následovně vyhodnocována.

### 5.1 Příprava experimentu

Pro experimentální měření byla použita: váha, stopky, termovizní kamera značky FLIR typu X6540sc, zařízení pro měření simulace navlhčení košilovin, rámeček sloužící k upevnění košilovin, polystyrenová polokoule, materiál simulující pokožku, ALMEMO, teploměr měřící teplotu a vlhkost vzduchu, teploměr určující teplotu vody, fotoaparát, syntetický pot, injekční stříkačka a soubor měřených materiálů.

Součástí přípravy tohoto experimentu bylo navrhnutí a zhotovení nového přístroje na měření simulace navlhčení košilovin při pocení. Při zhotovení přístroje bylo nutno dbát na to, aby nebyly použity žádné kovové části, jelikož kov má vysokou nepropustnost infračerveného záření a velkou část infračerveného záření odráží zpět k termovizní kameře, čímž by bylo měření negativně ovlivňováno. Na stavbu tohoto přístroje byla použita stavebnice Lego Technic – Mobile Crane MK II. Stavebnice je vyrobena pouze z plastu a je velice variabilní, dá se z ní sestavit jakákoliv konstrukce a to vše bylo velkou výhodou. Přístroj se skládá ze dvou částí a to nosného rámu a rámečku na upevnění vzorků. Rámeček je posouván manuálně pomocí kolejnic, které byly součástí stavebnice Lego Technic. Rámeček na upnutí vzorků je vyroben z plastové desky a má rozměry 180 x 265 x 1 mm. Ve středu je vyřezán otvor na uchycení materiál o rozměru 90 x 175 mm. Při okraji středového otvoru jsou vyvrtány malé otvory, díky kterým se materiál k rámečku připevňuje plastovými součástkami stavebnice Lego Technic. Jednotlivé otvory jsou od sebe v rozestupu cca 50 mm po stranách a jeden otvor je ve středu spodní části. Hotový přístroj je vyfocen na obrázku 7.



**Obrázek 7: Přístroj na měření simulace navlhčení materiálu při pocení**

Při návrhu experimentu bylo vyzkoušeno několik materiálů simulujících navlhčenou pokožku. Zkoušeny byly dva druhy houbiček na nádobí, králíčí plst' (na klobouky), filc (100% vlna) a funkční materiál (100% polyester Coolmax Fresh). Při zkoušení těchto materiálů bylo zjištěno, že houby na nádobí nejsou vhodné, neboť absorbují tekutinu, ale při styku s materiálem zůstal syntetický pot nasáknutý pouze v houbě. Králíčí plst' byla příliš tuhá, neabsorbovala tekutinu, proto byla namočená na 30 min. do syntetického potu a odstředěna na 400 otáček. Ani tak nebyla vhodná, neboť zadržovala tekutinu stejně jako houby na nádobí.

Pro experiment byly vybrány dva materiály, které představovaly navlhčenou pokožku a to filc a funkční materiál. Na obou těchto materiálech bylo provedeno kompletní měření. Pro každé měření byl připraven nový vzorek o velikosti 120 x 120 mm. Prvním materiálem simulujícím lidskou pokožku byl funkční materiál (100% polyester Coolmax Fresh), který tekutinu dobře absorboval, avšak na dotek byl vlhčí než filc ze 100% vlny. V tomto případě se pot aplikoval tímto způsobem: za pomoci injekční stříkačky bylo do plastové nádoby připraveno 10 ml potu a na něj byl dán vzorek, který tuto tekutinu rovnoměrně absorboval. U filcu tomu bylo jinak, vzorky se nejprve musely namočit do syntetického potu cca na 30 min. a poté odstředit na 400 otáček.

Jelikož u filcu (100% vlna) bylo smočení nepatrné, bylo zkoušeno za pomoci závaží, při jakém zatížení by byl materiál smočen. Bylo použito závaží: 200g, 295g a 1000g. Výsledné fotografie viz příloha 9 na CD.

Při přípravě experimentu bylo také zkoumáno, zda je rozdíl mezi syntetickým potem - alkalickým a syntetickým potem - kyselým. V případě tohoto experimentu se rozdíly nijak neprokázaly, proto můžeme říci, že rozdílné složení nemá na tuto zkoušku žádný vliv. Pro experiment byl vybrán syntetický pot – alkalický. Tento pot se používá k určování stálobarevnosti podle normy ČSN 80 0164 (Metoda zkoušení stálobarevnosti v potu) z roku 1986. [29] Alkalický roztok byl každodenně připravovaný a obsahoval v jednom litru: 0,5 g monohydrátu L – histidinmonohydrochloridu ( $C_6H_9O_2N_3 \cdot HCl \cdot H_2O$ ), 5 g chloridu sodného (NaCl), 5g dedekahydrátu hydrogenfosforečnanu disodného ( $Na_2HPO_4 \cdot 12 H_2O$ ).

Před samotným měřením, bylo provedeno stanovení emisivity u každého materiálu. Existuje mnoho způsobů, jak určit emisivitu, jak již bylo zmíněno v rešeršní části. V této práci byla použita metoda stanovení emisivity na základě známé teploty za pomoci ThermaSpotu. Tento štítek má známou emisivitu a to  $\varepsilon = 0,96$ , viz příloha 8 na CD.

## 5.2 Příprava vzorků

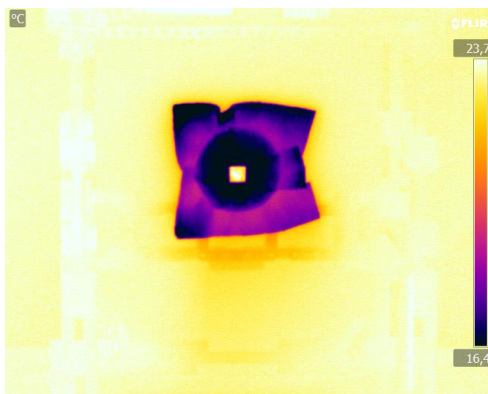
Jednotlivé vzorky košilovin byly nejprve odděleny. Od každého materiálu bylo zhotoveno 5 vzorků bez finální úpravy a 5 vzorků s finální úpravou o rozměru 130 x 230mm. V každém vzorku byly vyraženy otvory pro uchopení do rámečku. Pomocí děrovačky byly vytvořeny otvory na vzorcích ve stejné vzdálenosti, jako na rámečku. Košiloviny byly stříhány po osnově.

Takto připravené vzorky byly rozloženy a klimatizovány při standardních klimatických podmínkách minimálně po dobu 24 hodin před započítím měření. Bylo nutné zamezit působení ohybu, tlaku a tahu při přepravování vzorků. Proto byly vzorky přenášeny ve vodorovné poloze.

## 5.3 Kalibrace obrazu

Aby bylo možné snímky dále zpracovávat v obrazové analýze, bylo nutné před měřením provést kalibraci obrazu. Ke kalibraci byl použit kalibrační čtverec potažený alobalem o rozměru 10 x 10 mm. Tento alobal byl připevněn oboustrannou lepicí páskou na polokouli potaženou navlhčeným materiálem simulujícím pokožku. Aby byl kalibrační čtverec

dobře viditelný na termovizních kamerách, byl použit kovový plíšek o rozměru 16 x 54 mm, který byl pomocí žehličky zahřátý na vyšší teplotu kvůli vytvoření vyššího teplotního rozhraní. Díky tomuto zahřátí byl kovový plíšek dobře viditelný na termovizních kamerách. Takto zahřátý plíšek byl přiložen na kalibrační čtverec a poté bylo provedeno zaostření na termovizní kameře a zhotoven snímek pro následnou kalibraci obrazu, viz obrázek 8.



Obrázek 8: Termogram pro kalibraci obrazu

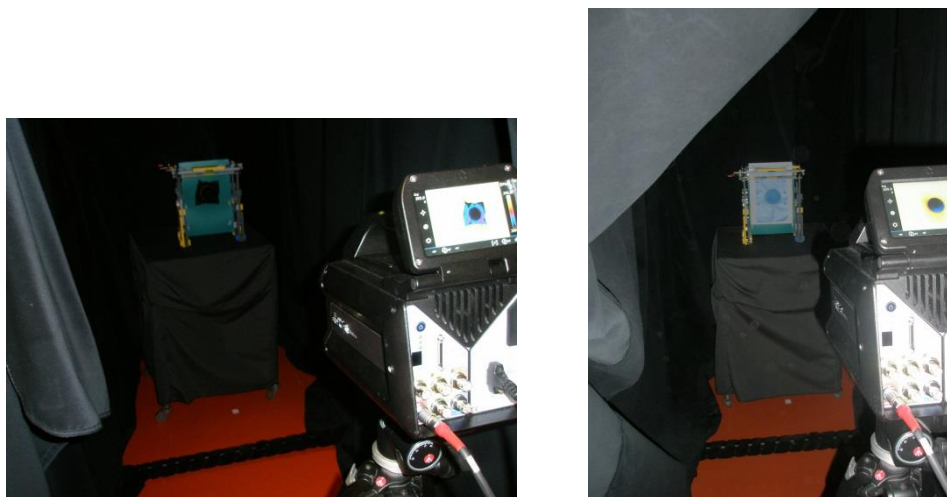
## 5.4 Postup měření

Pro tento experiment bylo zapotřebí temné komory, která byla zhotovena z kovové konstrukce a potažena černou textilií, jež celou tuto konstrukci zakrývala. Dále byl zhotoven přístroj na měření simulace navlhčení košilovin při pocení a rámeček na připevnění materiálu. Přístroj byl umístěn na stolek potažený černou textilií do temné komory, viz obrázek 9.



Obrázek 9: Foto konstrukce (černé komory)

Před každým měřením byl vzorek košiloviny zvážen na váze a poté připevněn na rámeček. Na zadní desku stroje byla před měřením umístěna polokoule s přichyceným vzorkem simulujícím navlhčenou pokožku. Na tomto vzorku byl nanesen syntetický pot – alkalický vždy ve stejném množství a při teplotě  $36\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ . Naproti přístroji byla na stativu umístěna kamera typu X6540 sc, která snímala lícní stranu košiloviny, viz obrázek 10.



Obrázek 10: Foto umístění kamery

U každého vzorku bylo provedeno pět měření. Začátek měření byl zahájen ve chvíli, kdy byl rámeček s připevněným materiálem mechanicky přisunut za pomoci kliky po kolejnicích do určité pozice. Tato pozice byla předem vymezena pomocí zarážky. Po mechanickém přisunutí vzorku byly tvořeny záznamy po 5, 10, 20, 30 a 60 s a ukládány ve formě obrazů. Při 60 s byl vzorek vždy vyfocen pomocí fotoaparátu. Poté byl vzorek sejmut a opět zvážen. Zhotovené záznamy byly v programu FLIR R&D exportovány do formátu JPEG.

## 5.5 Zpracování snímků

Pořízené snímky neboli termogramy byly zpracovávány v obrazové analýze v programu NIS Elements. Po tom co byly snímky v programu FLIR R&D převedeny do formátu pro ukládání obrázků, bylo možné načíst je do programu NIS Elements. Před započítím obrazové analýzy bylo nutné obraz kalibrovat.

Kalibrace se provádí tak, že pomocí dvou přímek je označena kalibrační plocha, která byla umístěna na začátku měření na polokouli s navlhčeným materiálem. Poté se do programu zadala skutečná vzdálenost mezi dvěma přímkami tedy 10 mm a po tomto kroku byla kalibrace hotová.

V obrazové analýze byla měřená plocha smočeného materiálu (syntetického potu) v mm<sup>2</sup>. Kromě plochy bylo v programu NIS Elements zadáno měření jiných veličin a to: kruhovitosti, protažení, ekvivalentní průměr, maximální průmět, minimální průmět a orientace.

- Ekvivalentní průměr – je veličinou odvozenou z plochy. Ekvivalentní průměr určuje průměr kružnice, která má stejnou plochu jako odpovídající objekt. [30]
- Kruhovitost - je odvozená míra tvaru počítaná z plochy a obvodu. Kruhovitost se rovná hodnotě 1 pouze pro kruh a pro ostatní tvary je charakterizována kruhovitostí menší než 1. [30]

$$\text{Kruhovitost} = 4 * \pi * \text{plocha} * \text{obvod}$$

- Protažení – určuje se jako poměr maximálního průmětu a min. průmětu.  
$$\text{Protažení} = \text{max. průmět} / \text{min. průmět}$$
- Orientace - je úhel, při němž má Feretův průmět své maximum. Průměty jsou počítány s přírůstkem úhlu o 5 stupňů. [30]
- Max. průmět (MaxFeret) je maximum z Feretových průmětů. Pro konvexní objekty je Feretův průmět při úhlu  $\alpha$  roven délce projekce objektu při úhlu  $\alpha$ ,  $\alpha \in (0,180)$ . Program NIS Elements počítá Feretův průmět pro  $\alpha$  rovno 0, 10, 20, 30 až 180 stupňů. [30]
- Min průmět (MinFeret) je minimum z Feretových průmětů. Pro konvexní objekty je Feretův průmět při úhlu  $\alpha$  roven délce projekce objektu při úhlu  $\alpha$ ,  $\alpha \in (0,180)$ . Program NIS Elements počítá Feretův průmět pro  $\alpha$  rovno 0 až 180 stupňů. [30]

## 5.6 Vyhodnocení dat

Vzorky košilovin byly hodnoceny pomocí dvou metod. V prvním případě jde o metodu vážením po absorpci a ve druhém případě byla hodnotícím prvkem velikost smočené plochy v mm<sup>2</sup>. Toto měření se provádělo v časech: 5, 10, 20, 30 a 60 s. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulek a následně statisticky vyhodnoceny.

### 5.6.1 Tvarové charakteristiky

Tvarové charakteristiky nám dávají informaci o tvaru smočeného materiálu. Zejména se jedná o kruhovitost, protažení a orientaci. Průměr, rozptyl a variační koeficient jsou uvedeny v tabulce 2 a 3.



Tabulka 2: Tvarové charakteristiky (filc 100 % vlna)

Materiál		Ekv. průměr	Max průmět	Min průmět	Kruhovitost	Protažení	Orientace
M1	Průměr	1,338	1,616	1,214	0,9618	1,306	83,778
	Rozptyl	40,753	68,775	38,285	0,0199	0,296	999,874
	Var. Koef.	477,25	507,456	509,646	14,632	41,674	37,594
M1-EC	Průměr	1,97	2,204	1,846	0,9602	1,236	82,036
	Rozptyl	65,83389	83,37159	60,66323	0,0224668	0,226306	772,5802
	Var. Koef.	406,188	417,362	424,03	15,534	38,466	33,974
M2	Průměr	1,282	1,566	1,164	0,9596	1,244	81,988
	Rozptyl	41,9964	71,2016	40,66954	0,020604	0,257172	1081,502
	Var. Koef.	504,68	536,244	544,098	14,758	38,488	40,136
M2-S	Průměr	1,3275	1,585	1,2025	0,96225	1,3075	80,42
	Rozptyl	46,12601	73,34074	43,79679	0,020104	0,289072	928,0841
	Var. Koef.	488,912	509,556	523,024	14,64	41,26	37,692
M3	Průměr	1,434	1,822	1,424	0,9518	1,33	82,79
	Rozptyl	45,8588	73,6774	46,9228	0,024438	0,288823	895,558
	Var. Koef.	397,52	405,48	405,98	15,02	37,34	33,724
M3-EC	Průměr	1,676	2,002	1,574	0,9522	1,328	82,168
	Rozptyl	50,30435	78,14047	51,13313	0,0247	0,295437	989,3787
	Var. Koef.	426,768	446,492	459,956	16,324	40,57	37,99
M4	Průměr	3,76	4,018	3,65	0,9368	1,148	91,974
	Rozptyl	100,6814	118,4391	99,02599	0,036588	0,112055	261,7898
	Var. Koef.	278,352	283,032	284,114	20,2	23,944	17,07
M4-EC	Průměr	4,068	4,648	4,024	0,9358	1,138	87,704
	Rozptyl	120,3055	163,5495	117,4406	0,0374	0,136547	476,9953
	Var. Koef.	291,308	298,28	298,23	20,5	27,14	23,48

Tabulka 3: Tvarové charakteristiky (funkční materiál – 100% polyester Coolmax Fresh)

Materiál		Ekv. průměr	Max průmět	Min průmět	Kruhovitost	Protažení	Orientace
M1	Průměr	18,442	20,044	17,602	0,8958	1,13	93,614
	Rozptyl	101,777	137,837	94,42367	0,014941	0,050923	199,375
	Var. Koef. [%]	145,18	149,32	147,24	10,304	10,886	8,984
M1-EC	Průměr	25,226	27,122	24,554	0,812	1,106	64,2
	Rozptyl	0	0	0	0	0	0
	Var. Koef. [%]	0	0	0	0	0	0
M2	Průměr	20,17	22,248	19,602	0,8276	1,128	64,7
	Rozptyl	30,55392	36,1805	28,96824	0,002714	0,00072	30,55392
	Var. Koef. [%]	19,238	19,366	19,31	2,65	1,132	7,906
M2-S	Průměr	19,25	21,088	18,384	0,8262	1,118	49,8
	Rozptyl	60,73662	71,62	55,5509	0,004349	0,00245	208,6562
	Var. Koef. [%]	38,452	38,726	38,548	4,642	4,09	18,572
M3	Průměr	26,49	28,572	25,472	0,814	1,108	67,8
	Rozptyl	40,3956	44,21852	40,16662	0,036843	0,046778	272,1778
	Var. Koef.	19,364	19,454	19,428	2,44	0,392	8,12
M3-EC	Průměr	14,825	16,015	14,28	0,83925	1,0925	77,02
	Rozptyl	139,4873	162,8632	137,6611	0,018787	0,026672	438,3872
	Var. Koef.	110,41	112,19	112,28	9,764	7,376	13,582
M4	Průměr	28,572	31,81	27,066	0,8938	1,18	95,2
	Rozptyl	0	0	0	0	0	0
	Var. Koef.	0	0	0	0	0	0
M4-EC	Průměr	5,596	6,018	5,454	0,9248	1,082	78,94
	Rozptyl	111,1524	131,7789	108,6918	0,027814	0,060065	281,8243
	Var. Koef.	271,98	278,3	275,87	15,2	26,1	11,24

Kruhovitost byla získána u všech měřených materiálů. U objektů které jsou symetrické, neboli kruhové je kruhovitost rovna 1. Pokud objekty nejsou kruhové, jejich hodnota je menší než 1. U zkoušky, kde byl použit filc, je kruhovitost u materiálů v rozmezí

0,9358 - 0,96225. U zkoušky, kde byl použit funkční materiál, je kruhovitost u materiálů v rozmezí 0 - 0,9248.

Protažení je jednou z dalších veličin, která dává informace o tvaru smočené plochy. Pokud je objekt symetrický, protažení je rovno 1. Pokud je smočená plocha nesymetrická, je protažení menší nebo větší než 1. U všech zkoumaných materiálů za použití funkčního materiálu i filcu byla smočená plocha větší než 1, což znamená, že smočená plocha materiálu je nesymetrická.

Poslední zkoumanou veličinou je orientace, kdy u filcu je rozmezí hodnot orientace 80,42 – 91,97 a u zkoušky, kde byl použit filc, je rozmezí u hodnot orientace 49,8 – 95,2.

### 5.6.2 Metoda vážení po absorpci

Cílem této části je porovnání materiálů před a po simulaci navlhčení při pocení. Bylo měřeno osm košilovin (4 bez finální úpravy, 4 s finální úpravou). Od každého materiálu bylo naměřeno pět vzorků, které byly dále statisticky vyhodnoceny. Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v Příloze 1. Data pochází z normálního rozdělení. Výsledky jsou statisticky vyhodnoceny párovým T-testem a graficky znázorněny pomocí krabicového grafu. Párový T-test je použit, neboť soubory hodnocených dat jsou závislé. Statistické výsledky byly vyhodnoceny pomocí softwaru MS Excel a Statistica.

V prvním případě byl pro měření použit funkční materiál. Dle párového T-testu, viz tabulka 4, se na hladině významnosti pět procent nulová hypotéza zamítá v případech měřených vzorků M1, M2, M2-S, M3, M3-EC a M4 a přijímá se v těchto případech alternativní hypotéza, z čehož vyplývá, že střední hodnoty naměřené pomocí vážení materiálů před a po absorpci se nerovnají. U vzorků M1-EC a M4-EC se přijímá nulová hypotéza, což znamená, že střední hodnoty naměřené pomocí vážení materiálů před a po absorpci se rovnají.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2, H_A: \mu_1 \neq \mu_2$$

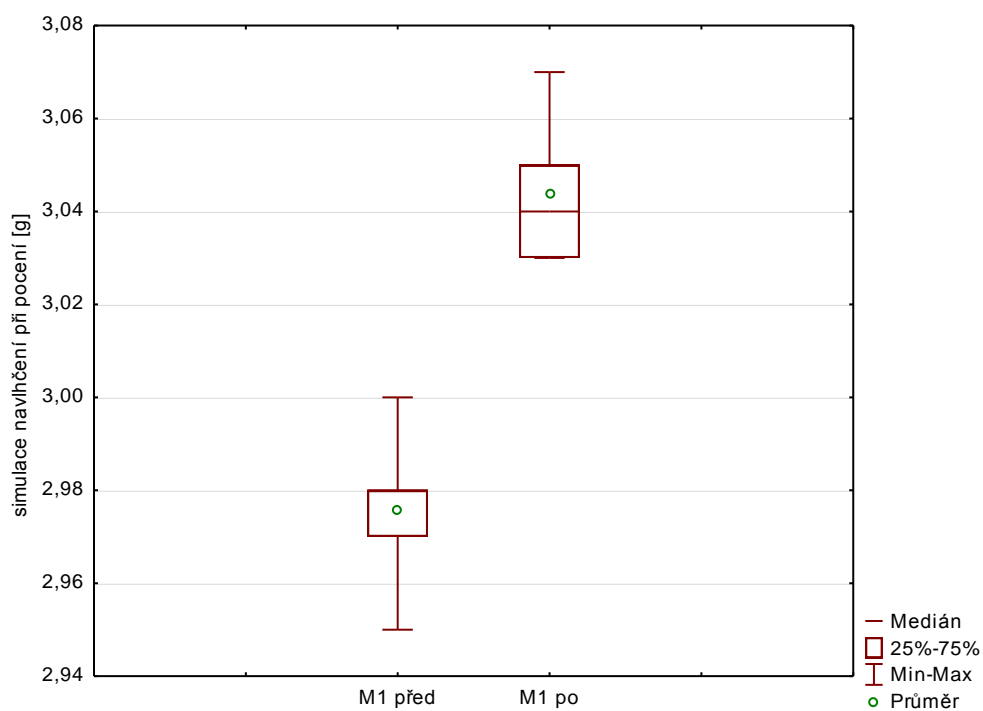
$\mu_1$  ... střední hodnota veličiny pro materiál před navlhčením

$\mu_2$  ... střední hodnota veličiny pro materiál po navlhčení

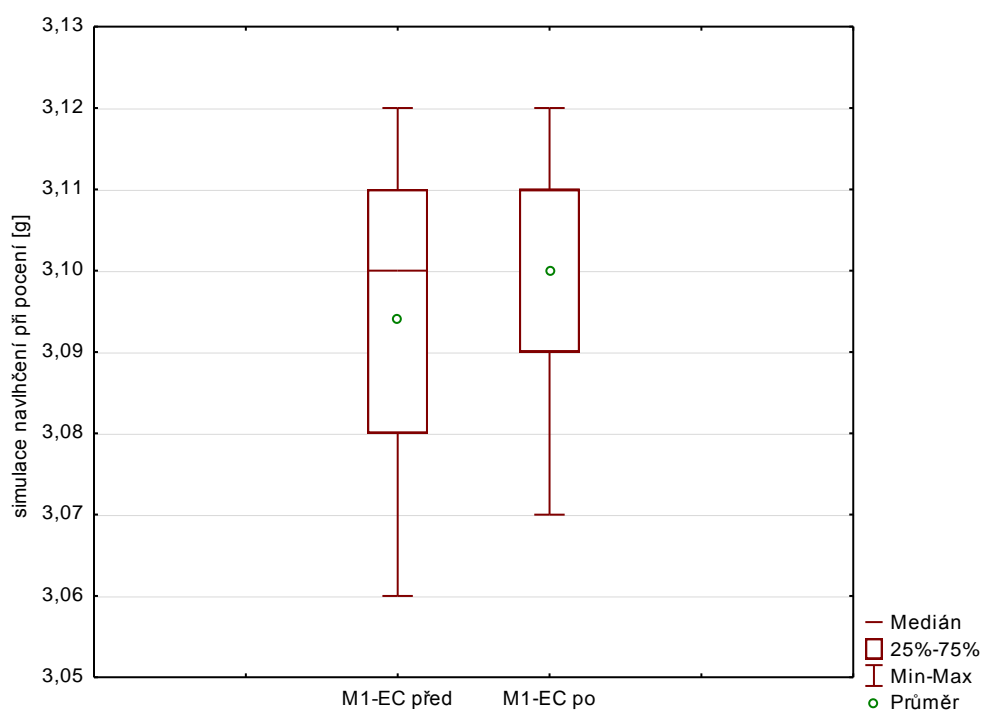
**Tabulka 4: Simulace navlhčení košilovin při pocení - metoda vážení po absorpci (funkční materiál)**

Simulace navlhčení košilovin při pocení [g] – metoda vážení po absorpci (funkční materiál)						
Označení materiálu	Počet měření	Průměr	Rozptyl	Párový T-test p-hodnota	$\alpha$	Ověření hypotézy
M1	před	5	2,976	0,00033	0,000156	0,05
	po	5	3,044	0,00028		
M1-EC	před	5	3,094	0,00058	0,070484	0,05
	po	5	3,100	0,00040		
M2	před	5	2,596	0,00013	0,00257	0,05
	po	5	2,626	0,00023		
M2-S	před	5	2,654	0,00023	0,000608	0,05
	po	5	2,678	0,00027		
M3	před	5	2,768	0,00072	0,00187	0,05
	po	5	2,808	0,00127		
M3-EC	před	5	2,874	0,00108	0,01613	0,05
	po	5	2,882	0,00127		
M4	před	5	3,718	0,00142	0,004162	0,05
	po	5	3,800	0,00385		
M4-EC	před	5	3,650	0,00065	0,070484	0,05
	po	5	3,656	0,00088		

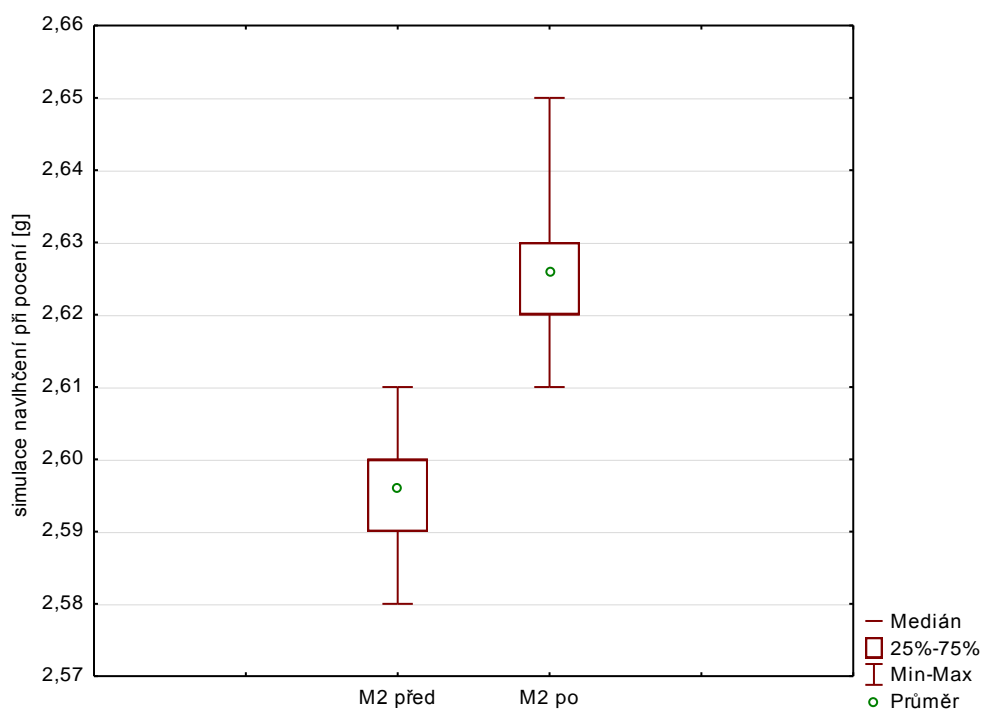
V grafech 1 až 8 jsou znázorněny krabicové grafy pro všechny měřené vzorky a každý materiál je porovnáván před a po absorpci syntetického potu. Z grafů je patrné, že materiály po finální úpravě Easy care absorbují jen minimum vlhkosti na rozdíl od materiálů bez úpravy. Jen u materiálu M2, který má odlišnou finální úpravu Soft, je v grafu 4 vidět, že tento materiál pobere skoro stejné množství vlhkosti jako stejný materiál bez úpravy.



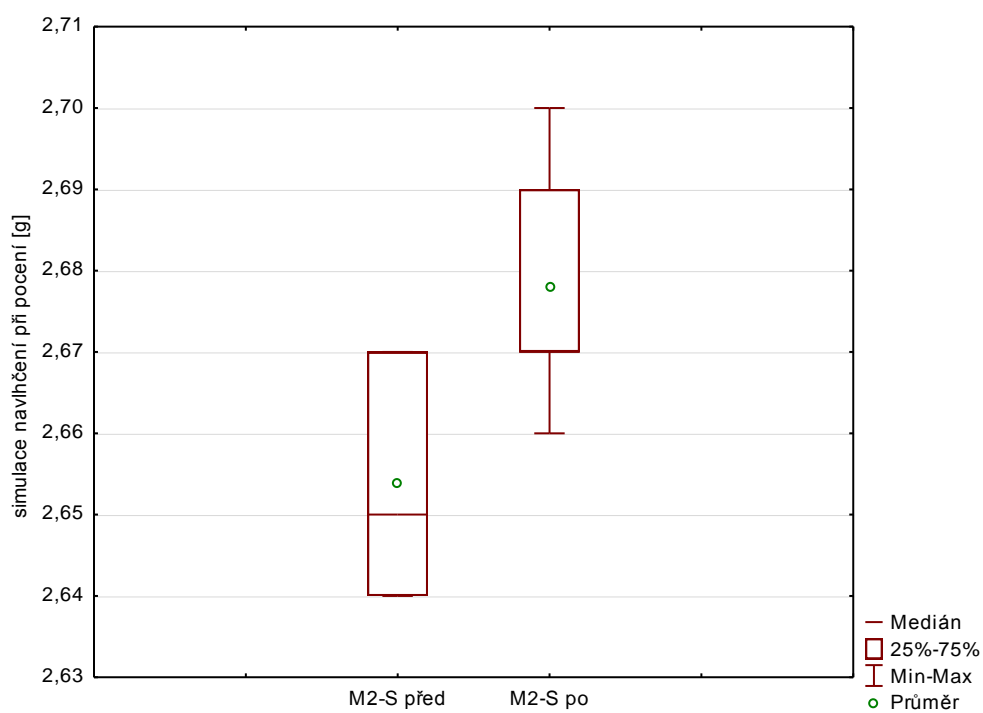
Graf 1: Krabicový graf – vzorek M1



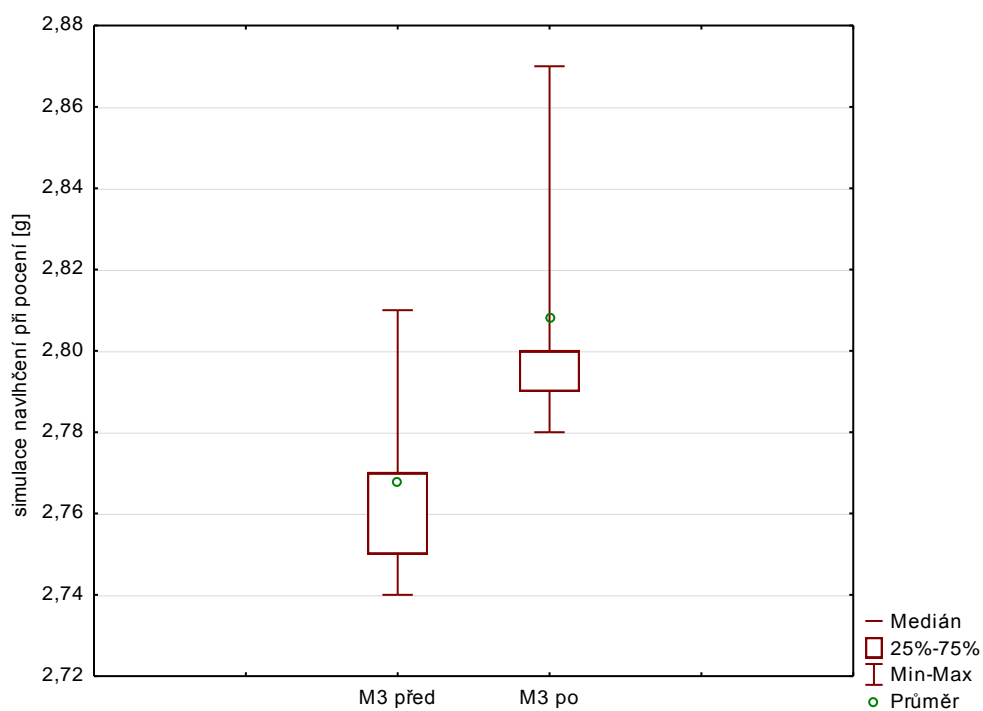
Graf 2: Krabicový graf – vzorek M1-EC



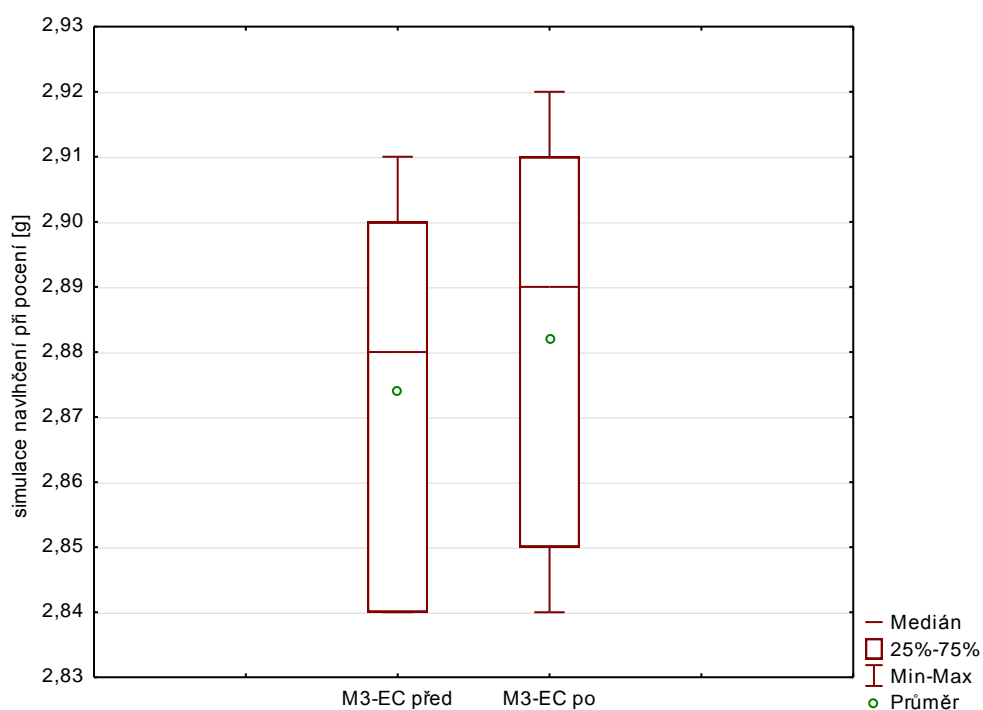
Graf 3: Krabicový graf – vzorek M2



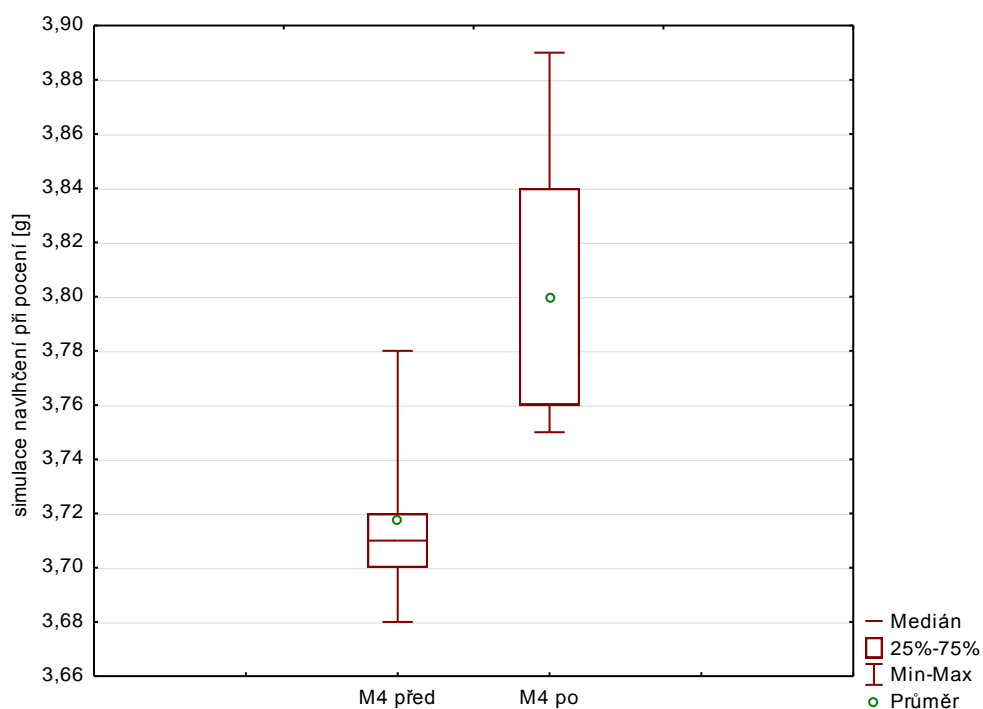
Graf 4: Krabicový graf – vzorek M2-S



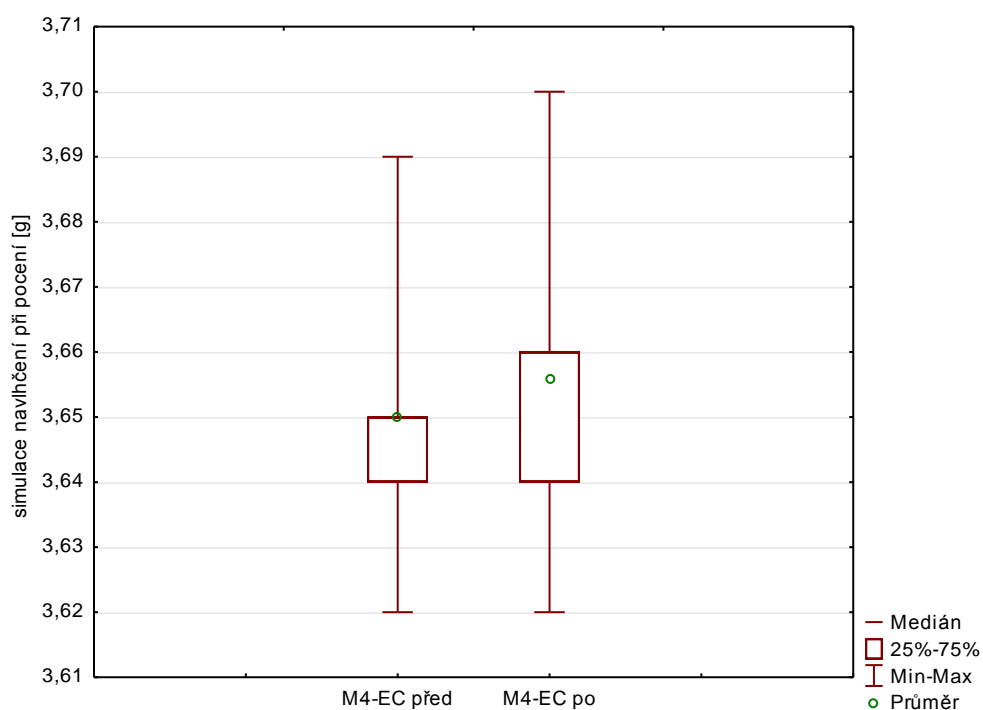
Graf 5: Krabicový graf – vzorek M3



Graf 6: Krabicový graf – vzorek M3-EC



Graf 7: Krabicový graf – vzorek M4



Graf 8: Krabicový graf – vzorek M4-EC

V druhém případě byl pro měření použit filc z 100% vlny. V tabulce 5 jsou vyhodnocena data pomocí párového T-testu. U materiálů M1, M2, M2-S, M3, M4 a M4-EC se zamítá nulová hypotéza na pěti procentní hladině významnosti a přijímá se v těchto



případech alternativní hypotéza, z čehož vyplývá, že střední hodnoty naměřené pomocí vážení materiálů před a po absorpci se nerovnají. U vzorků M1-EC a M3-EC se přijímá nulová hypotéza. To znamená, že střední hodnoty naměřené pomocí vážení materiálů před a po absorpci se rovnají.

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ ,  $H_0: \mu_1 \neq \mu_2$

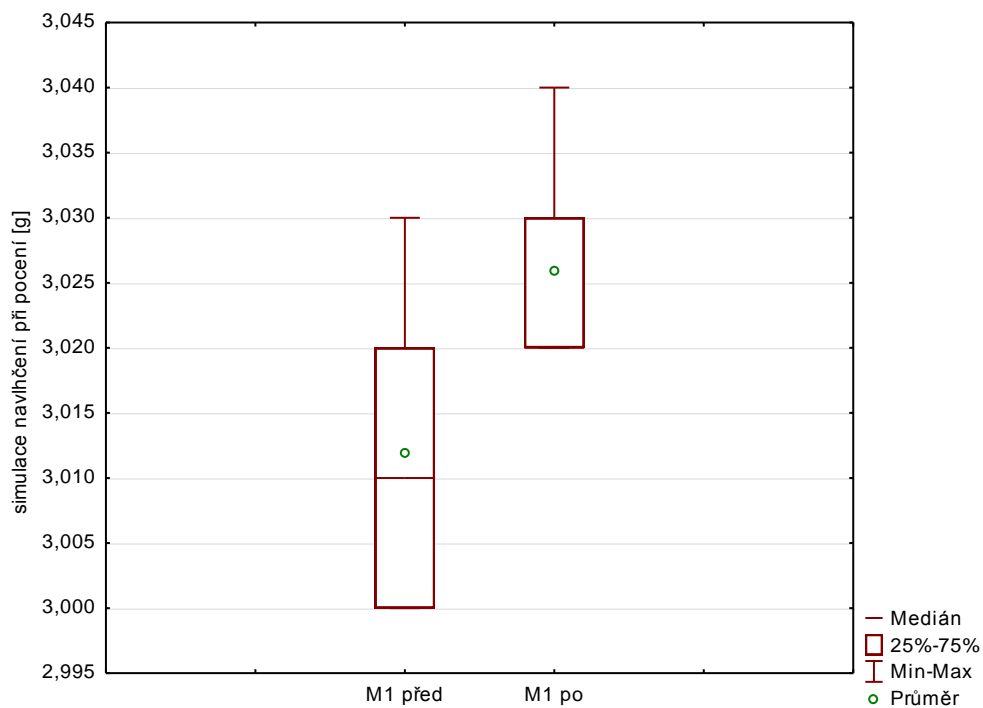
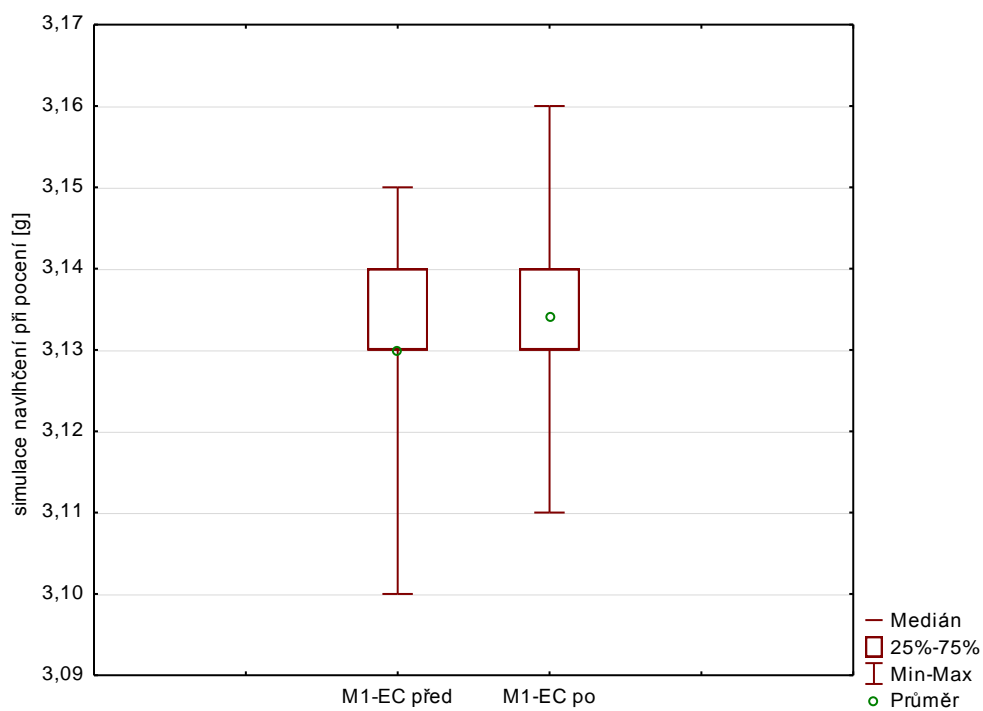
$\mu_1$  ... střední hodnota veličiny pro materiál před navlhčením

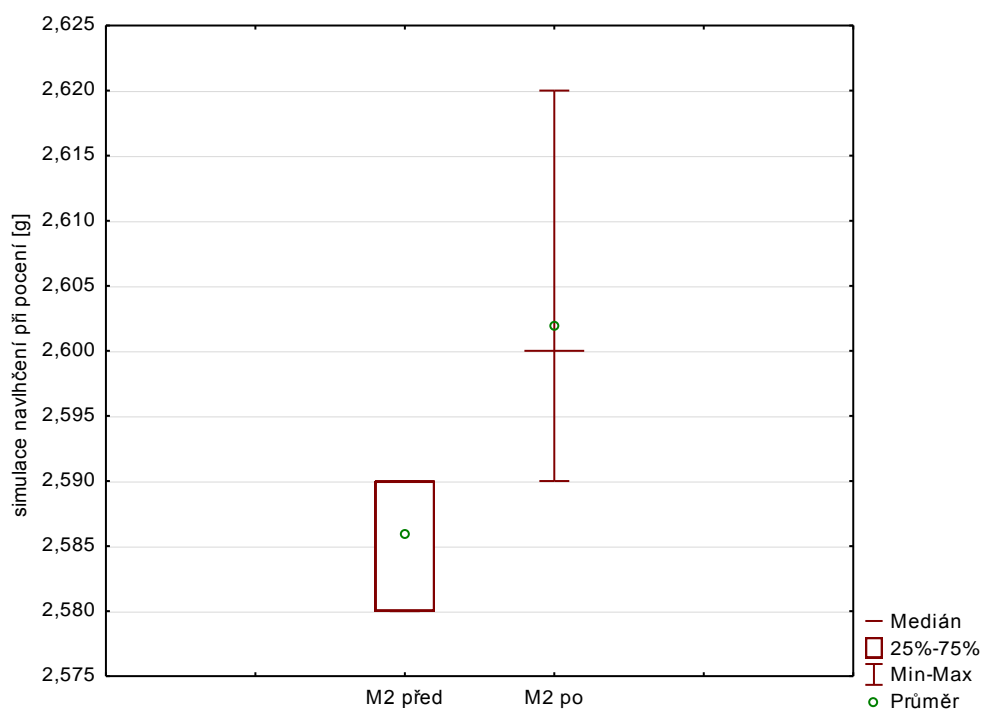
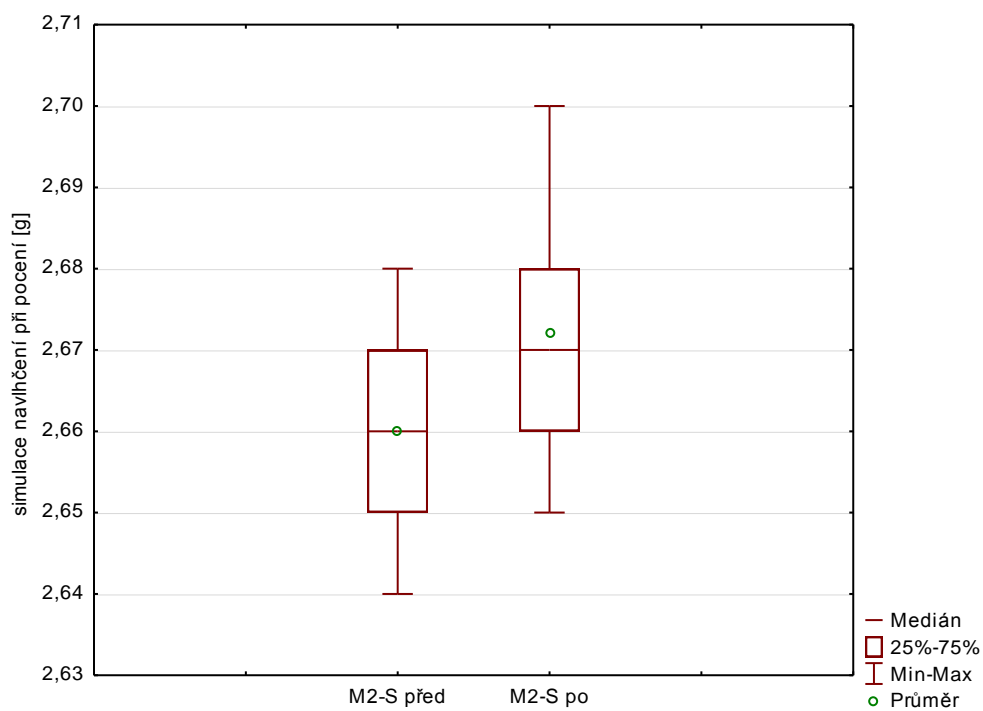
$\mu_2$  ... střední hodnota veličiny pro materiál po navlhčení

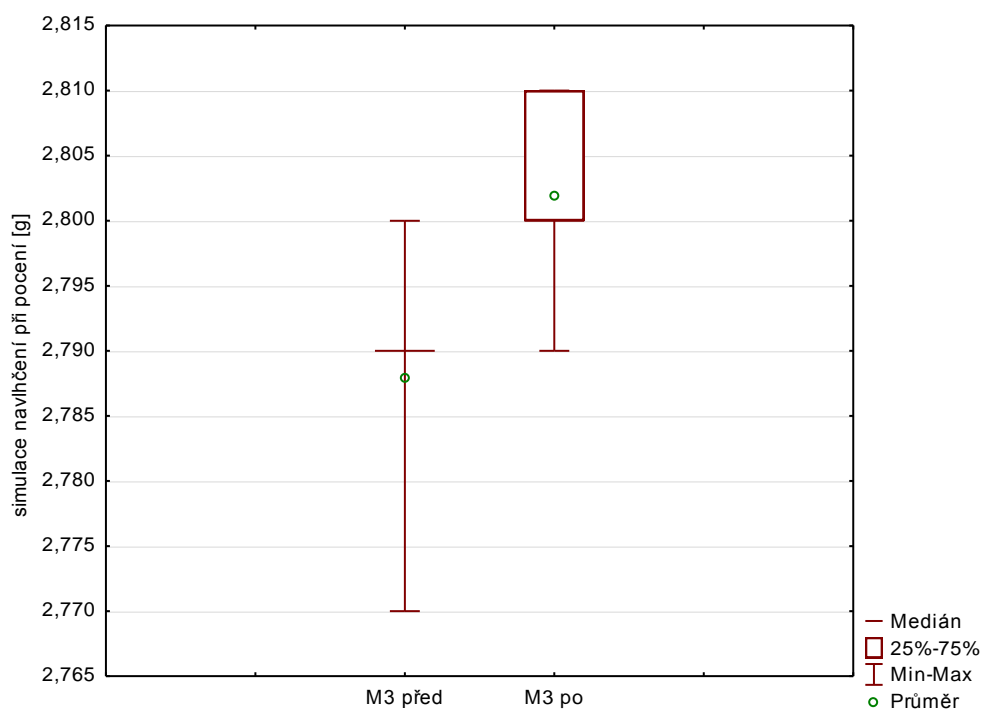
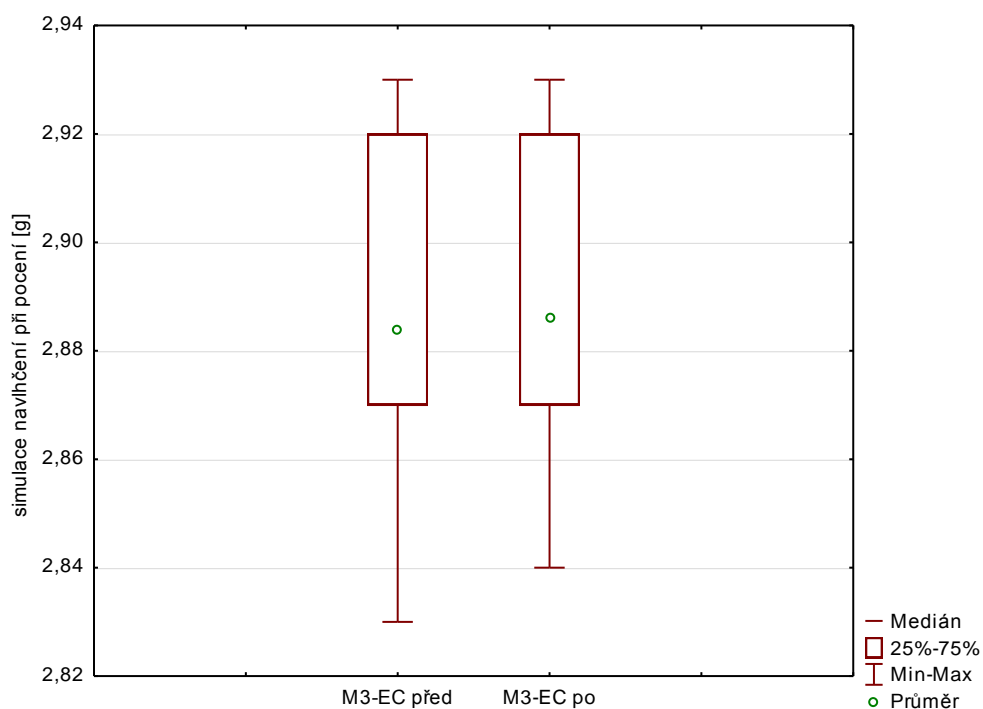
**Tabulka 5: Simulace navlhčení košilovin při pocení - metoda vážení po absorpci (filc 100% vlna)**

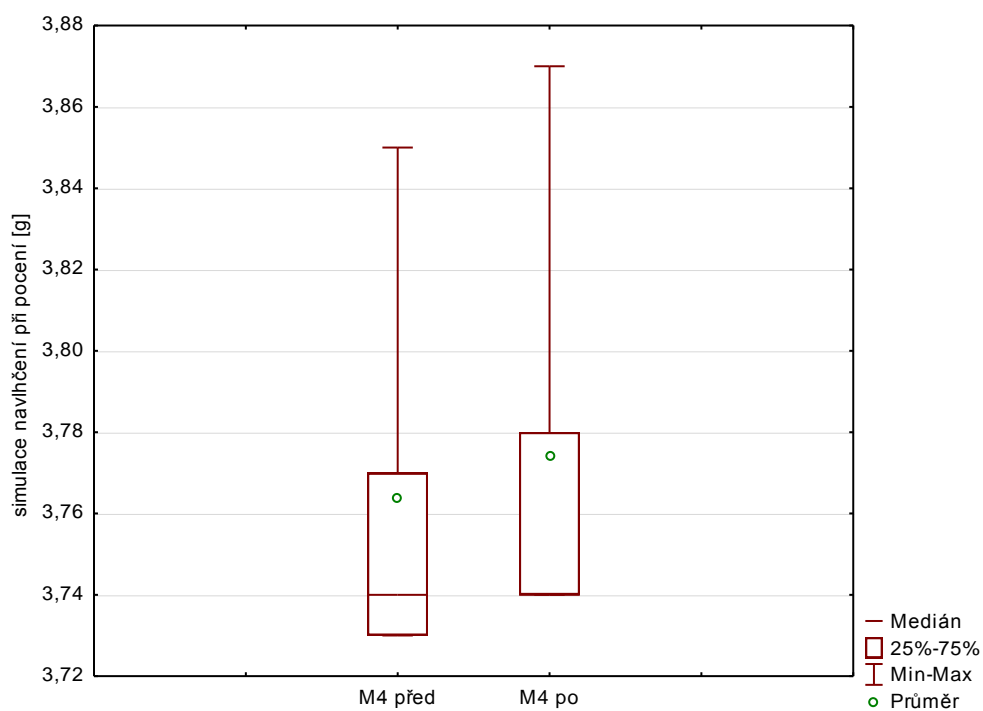
Simulace navlhčení košilovin při pocení [g] – metoda vážení po absorpci (filc 100% vlna)							
Označení materiálu		Počet měření	Průměr	Rozptyl	Párový T-test p-hodnota	$\alpha$	Ověření hypotézy
M1	před	5	3,012	0,00017	0,004636	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	3,026	0,00008			
M1-EC	před	5	3,130	0,00035	0,177808	0,05	Přijmutí $H_0$
	po	5	3,134	0,00033			
M2	před	5	2,586	0,00003	0,01613	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	2,602	0,00012			
M2-S	před	5	2,660	0,00025	0,003883	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	2,672	0,00037			
M3	před	5	2,788	0,00012	0,004636	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	2,802	0,00007			
M3-EC	před	5	2,884	0,00168	0,373901	0,05	Přijmutí $H_0$
	po	5	2,886	0,00143			
M4	před	5	3,764	0,00258	0,034109	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	3,774	0,00318			
M4-EC	před	5	3,732	0,00637	0	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	3,732	0,00637			

V grafech 9 až 16 jsou znázorněny pomocí krabicových grafů materiály před a po absorpci syntetického potu. Grafy ukazují, že v tomto případě měření (s použitím materiálu filc ze 100 % vlny) nebyly zaznamenány velké rozdíly před a po absorpci syntetického potu u vzorků s úpravou i bez finální úpravy. Největší příbytky na váze u materiálů po finální úpravě měl, jako v minulém případě, materiál M2, který je opatřen odlišnou finální úpravou než ostatní materiály.

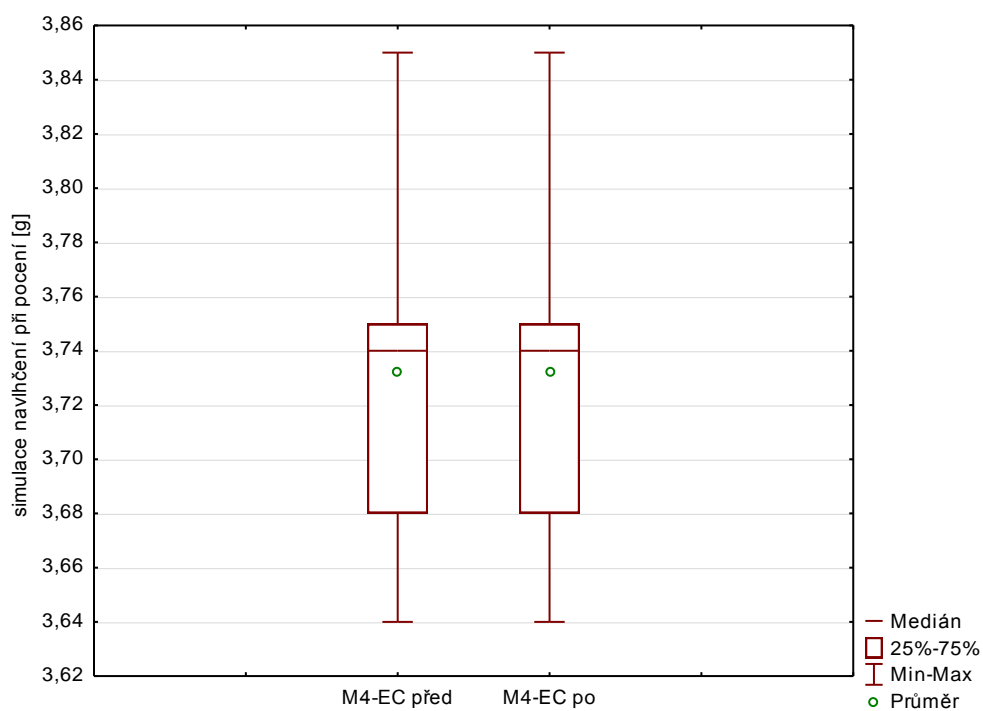
**Graf 9: Krabicový graf-vzorek M1****Graf 10: Krabicový graf-vzorek M1-EC**

**Graf 11: Krabicový graf-vzorek M2****Graf 12: Krabicový graf-vzorek M2-S**

**Graf 13: Krabicový graf-vzorek M3****Graf 14: Krabicový graf-vzorek M3-EC**



Graf 15: Krabicový graf-vzorek M4



Graf 16: Krabicový graf-vzorek M4-EC

### 5.6.3 Plocha smočeného materiálu – Termografická metoda

V této kapitole budou vyhodnocena data naměřená pomocí termografické metody, která je popsána výše. Zjišťována zde byla plocha smočeného materiálu. Termografická kamera zaznamenávala snímky v průběhu měření po 5, 10, 20, 30 a 60 s a poté tyto snímky byly vyhodnoceny pomocí obrazové analýzy a tak byla zjištěna plocha smočeného materiálu v průběhu měření po určených sekundách. Cílem této části je zjistit závislost mezi časem a plochou smočeného materiálu. Od každého zkoumaného materiálu bylo měřeno pět vzorků. Průměry a rozptyly pro každý materiál a čas jsou zaznamenány v tabulce 6 (pro měření s funkčním materiálem) a v tabulce 7 (pro měření s materiálem filc ze 100 % vlny). Všechna naměřená data jsou uvedena v Příloze 2. Data pochází z normálního rozdělení. Výsledky jsou statisticky vyhodnoceny pomocí korelační analýzy a graficky znázorněny. Statistické výsledky byly vyhodnoceny pomocí softwaru MS Excel a Statistica.

Na hladině významnosti 0,05 se testuje, zda existuje statisticky významný vztah mezi časem a plochou smočeného materiálu. V tabulce 6 jsou uvedeny korelační koeficienty  $r$  pro každý materiál. V prvním případě, kdy byl pro měření použitý funkční materiál, korelační koeficient ukazuje, že mezi zkoumanými veličinami je rostoucí závislost. To znamená, že s rostoucím časem se zvětšuje i plocha smočeného materiálu. Tudíž se zamítá nulová hypotéza a přijímá se alternativní.

**$H_0$ :**  $r=0$  (mezi zkoumanými veličinami neexistuje závislost)

**$H_A$ :**  $r \neq 0$  (existuje významná závislost)

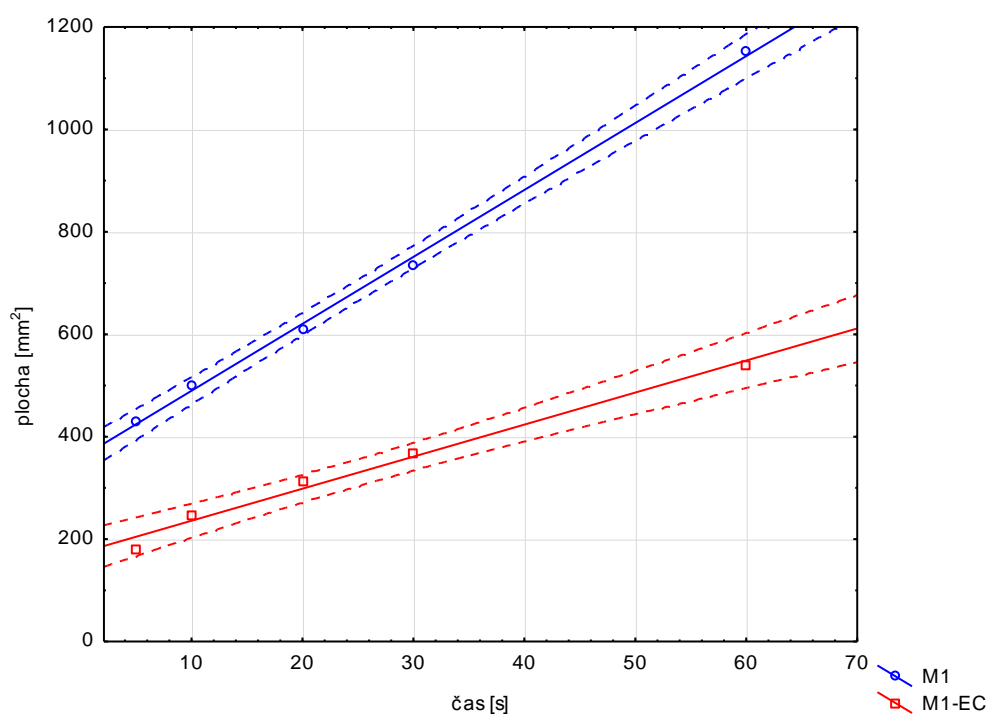
$r$  ... korelační koeficient

**Tabulka 6: Plocha smočeného materiálu (funkční materiál – 100% polyester Coolmax Fresh)**

Plocha smočeného materiálu [mm <sup>2</sup> ] (funkční mat.)						
Označení materiálu		průměr	rozptyl	R	p-hodnota	α
M1	5s	430,752	10371,0	0,9990	0,00004	0,05
	10 s	501,142	11729,7			
	20 s	610,214	12976,0			
	30 s	733,964	21853,6			
	60 s	1152,916	164104,6			
M1-EC	5 s	180,820	5516,5	0,9932	0,0007	0,05
	10 s	245,722	684,1			
	20 s	314,666	676,8			
	30 s	367,132	132,0			
	60 s	540,896	2133,6			
M2	5 s	99,722	2520,8	0,9915	0,0009	0,05
	10 s	163,718	1139,4			
	20 s	228,534	271,6			
	30 s	284,676	312,0			
	60 s	441,542	1574,0			
M2-S	5 s	59,496	1234,3	0,9870	0,0018	0,05
	10 s	143,432	3933,7			
	20 s	214,580	4489,6			
	30 s	289,060	2503,5			
	60 s	459,742	1579,1			
M3	5 s	270,356	1663,2	0,9992	0,00003	0,05
	10s	316,196	1792,1			
	20 s	398,432	2169,3			
	30 s	469,428	2444,7			
	60 s	683,556	2998,5			
M3-EC	5s	347,610	1923,7	0,9982	0,00009	0,05
	10 s	402,708	3574,4			
	20 s	482,336	4588,1			
	30 s	613,356	7269,8			
	60 s	878,574	18291,3			
M4	5 s	228,046	3868,8	0,9987	0,00005	0,05
	10 s	296,624	6693,5			
	20 s	402,460	13172,0			
	30 s	491,520	18260,7			
	60 s	774,720	54334,6			
M4-EC	5s	297,540	1946,1	0,9999	0,00000	0,05
	10s	369,214	1702,3			
	20 s	493,764	5010,0			
	30 s	629,214	7565,2			
	60 s	1012,178	15089,2			

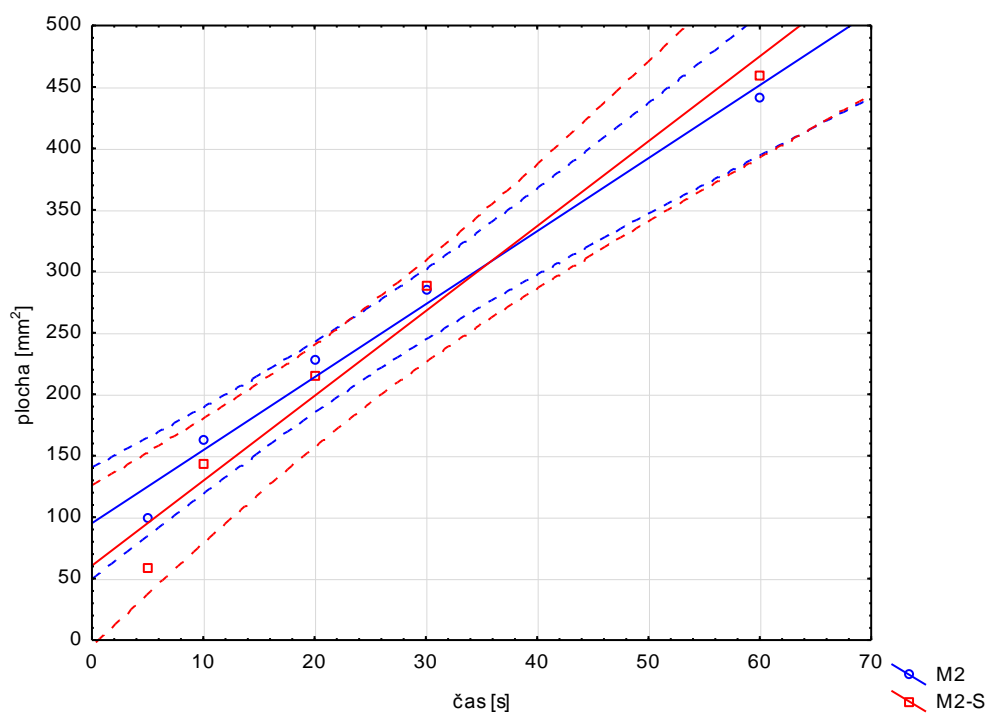
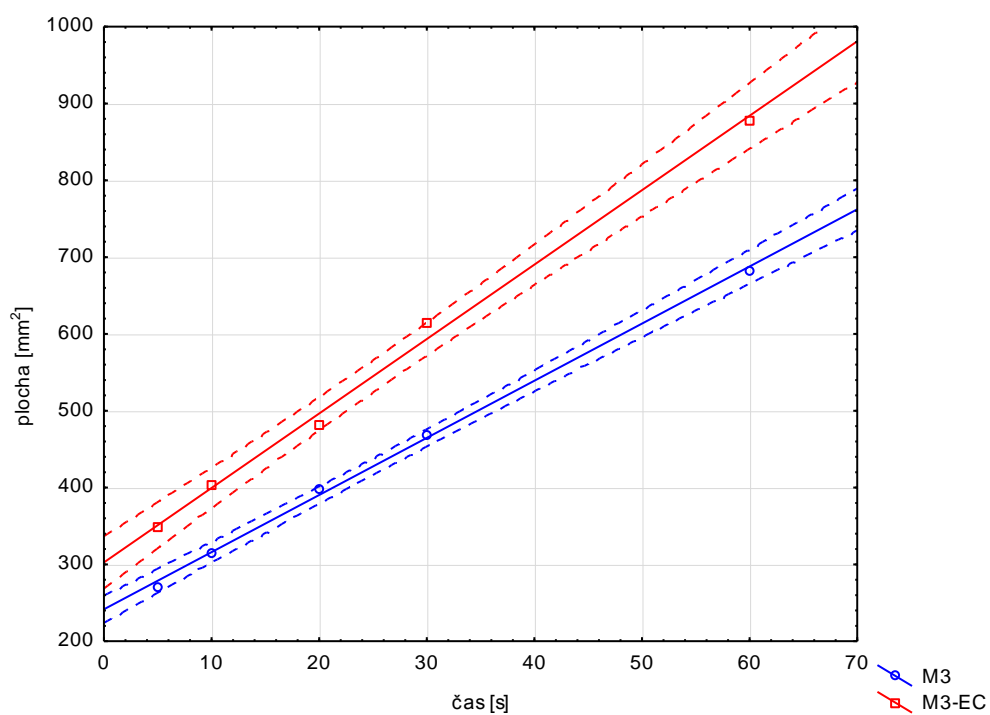
Graf 17 ukazuje závislost mezi časem a smočenou plochou u materiálu M1 bez úpravy a s finální úpravou Easy care. Mezi znázorněnými daty je proložená přímka a čárkovaně jsou

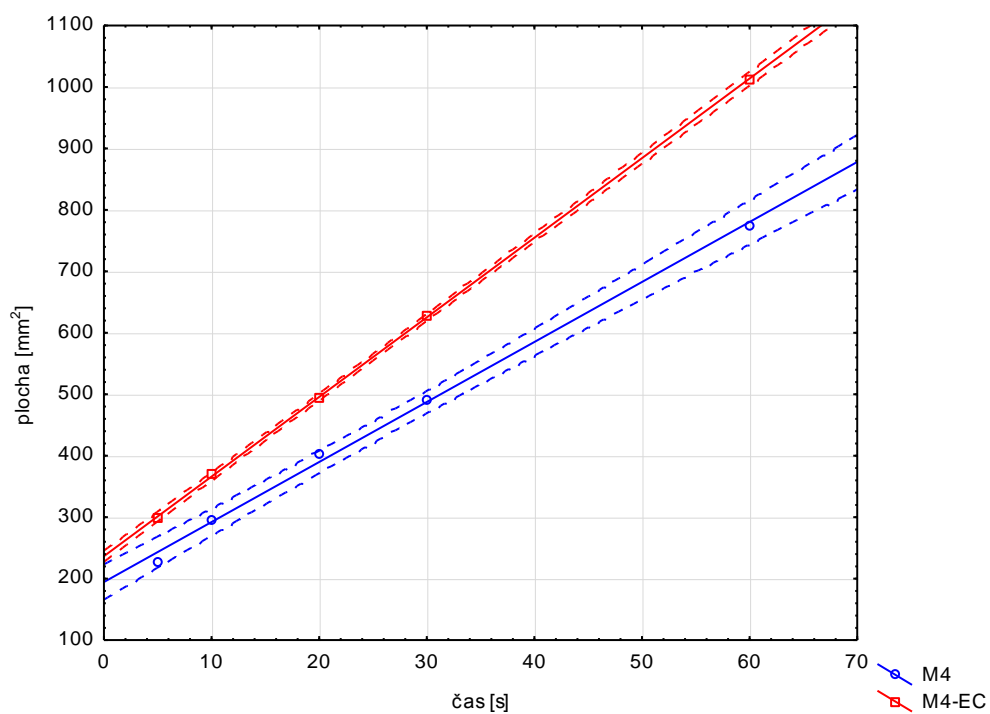
znázorněny meze spolehlivosti. Z grafu je patrné, že materiál bez finální úpravy více nasákl syntetický pot a má tedy větší smočenou plochu a s časem se plocha zvětšuje více než u stejného materiálu s finální úpravou. V grafu 18 je vidět, že materiál M2 má podobný průběh závislosti plochy na čase jako stejný materiál s finální úpravou Soft. U materiálů M3 a M4 v grafech 19 a 20 lze pozorovat, že materiály s finální úpravou Easy care mají větší smočenou plochu než materiály bez úpravy, což je opačný případ než u materiálu M1.



Graf 17: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M1, M1-EC

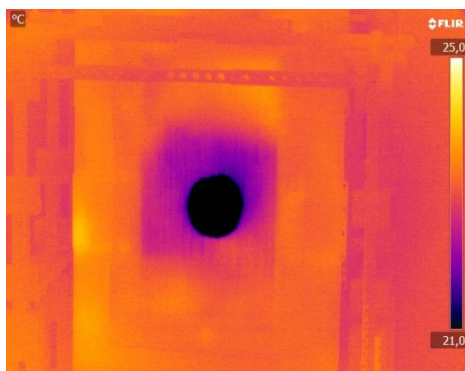


**Graf 18: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M2, M2-S****Graf 19: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M3, M3-EC**

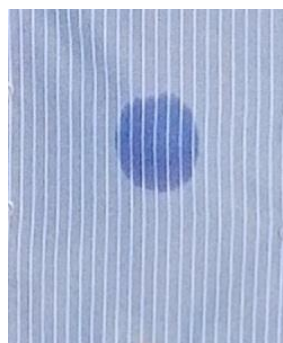


**Graf 20: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M4, M4-EC**

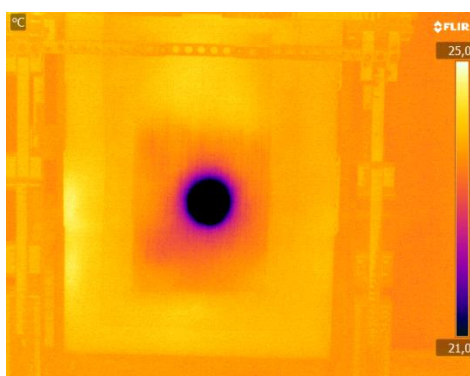
Na obrázcích 11 až 26 jsou znázorněny termogramy pro každý měřený materiál v 60 sekundách. Vedle termogramů jsou příslušné fotky každého materiálu také v 60 sekundách. Termogramy naměřené v čase 5, 10, 20 a 30s jsou uvedeny v příloze 6 na CD.



Obrázek 11: Termogram M1 – 60s



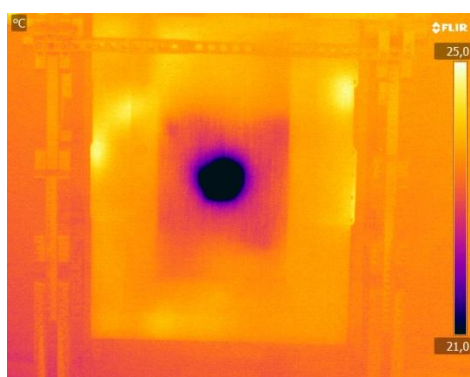
Obrázek 12: Foto M1 – 60s



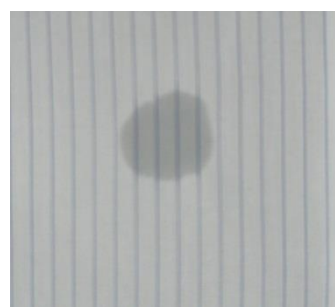
Obrázek 13: Termogram M1-EC - 60s



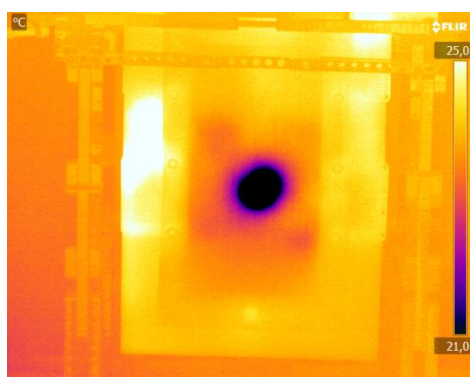
Obrázek 14: Foto M1-EC – 60s



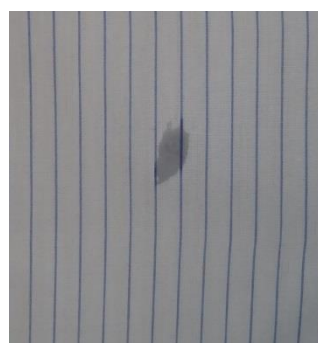
Obrázek 15: Termogram M2 – 60s



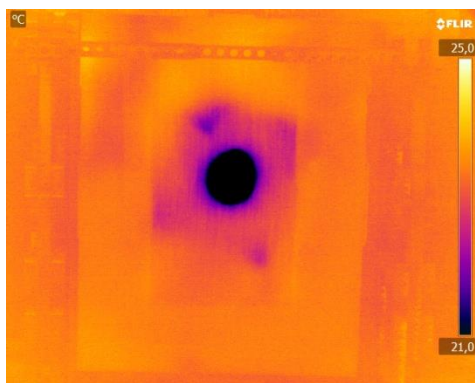
Obrázek 16: Foto M2 – 60s



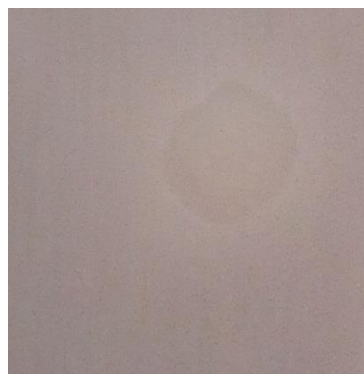
Obrázek 17: Termogram M2-S – 60s



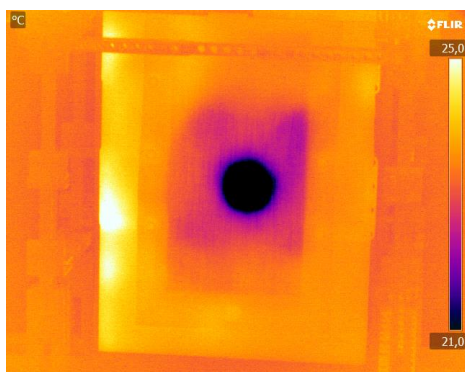
Obrázek 18: Foto M2-S – 60s



Obrázek 19: Termogram M3 – 60s



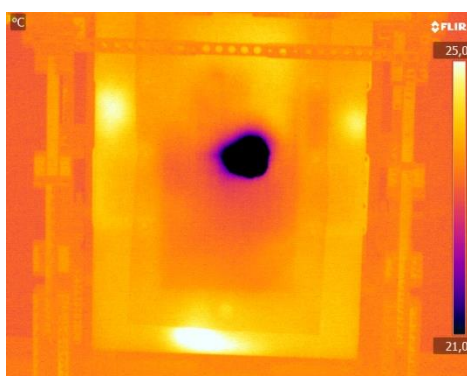
Obrázek 20: Foto M3 – 60s



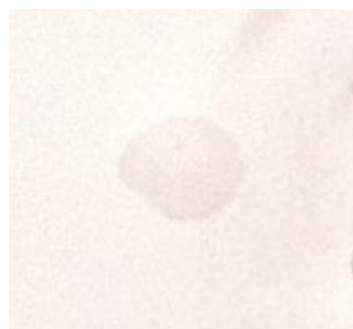
Obrázek 21: Termogram M3-EC – 60s



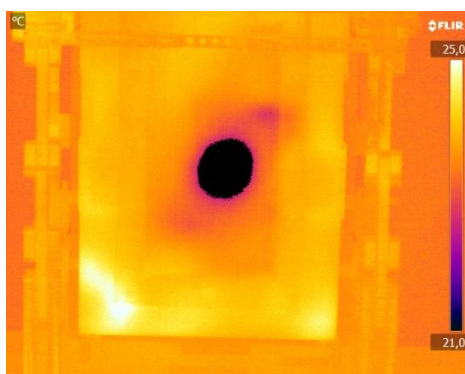
Obrázek 22: Foto M3-EC – 60s



Obrázek 23: Termogram M4 – 60s



Obrázek 24: Foto M4 – 60s



Obrázek 25: Termogram M4-EC – 60s



Obrázek 26: Foto M4-EC – 60s

Ve druhém případě byl pro měření použitý materiál filc ze 100 % vlny. Výsledky jsou statisticky hodnoceny na hladině významnosti 0,05 a testuje se, zda existuje statisticky významný vztah mezi časem a plochou smočeného materiálu. V tabulce 7 jsou uvedeny korelační koeficienty  $r$  pro každý materiál. Korelační koeficient ukazuje, že mezi zkoumanými veličinami je rostoucí závislost. To znamená, že s rostoucím časem se zvětšuje i plocha smočeného materiálu. Tudíž se zamítá nulová hypotéza a přijímá se alternativní.

$H_0$ :  $r=0$  (mezi zkoumanými veličinami neexistuje závislost)

$H_A$ :  $r \neq 0$  (existuje významná závislost)

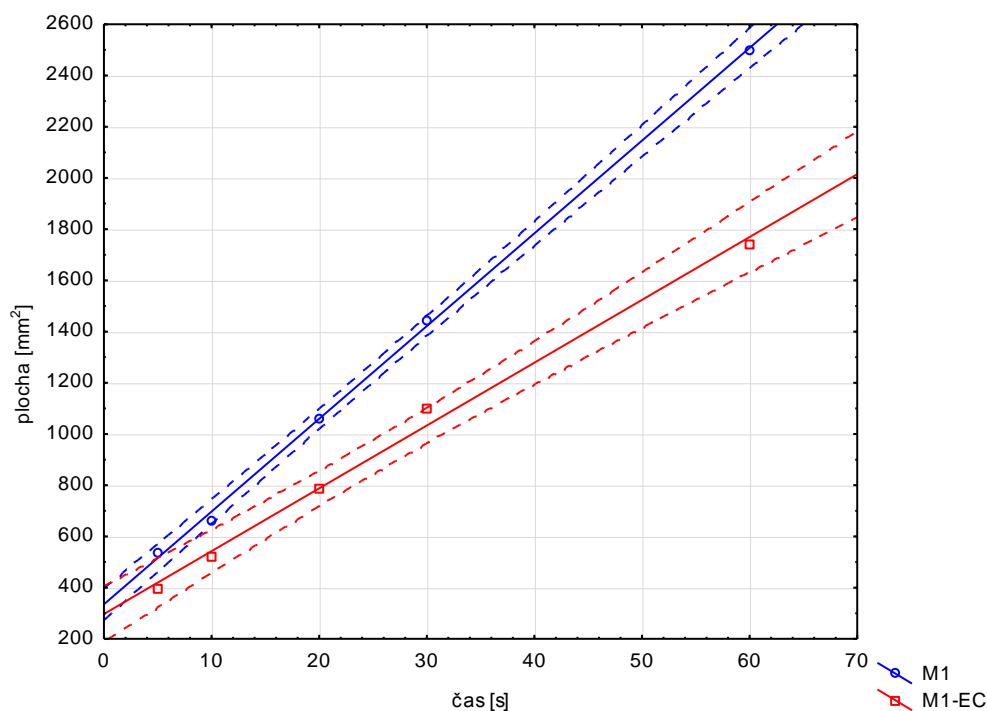
$r$  ... korelační koeficient

**Tabulka 7: Plocha smočeného materiálu (filc 100% vlna)**

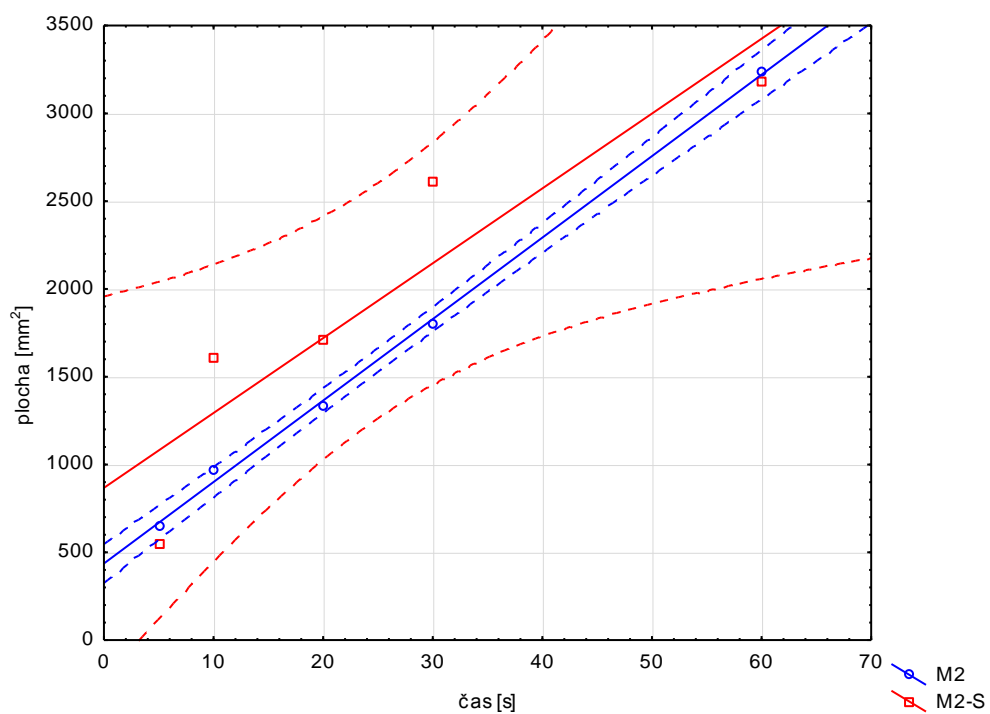
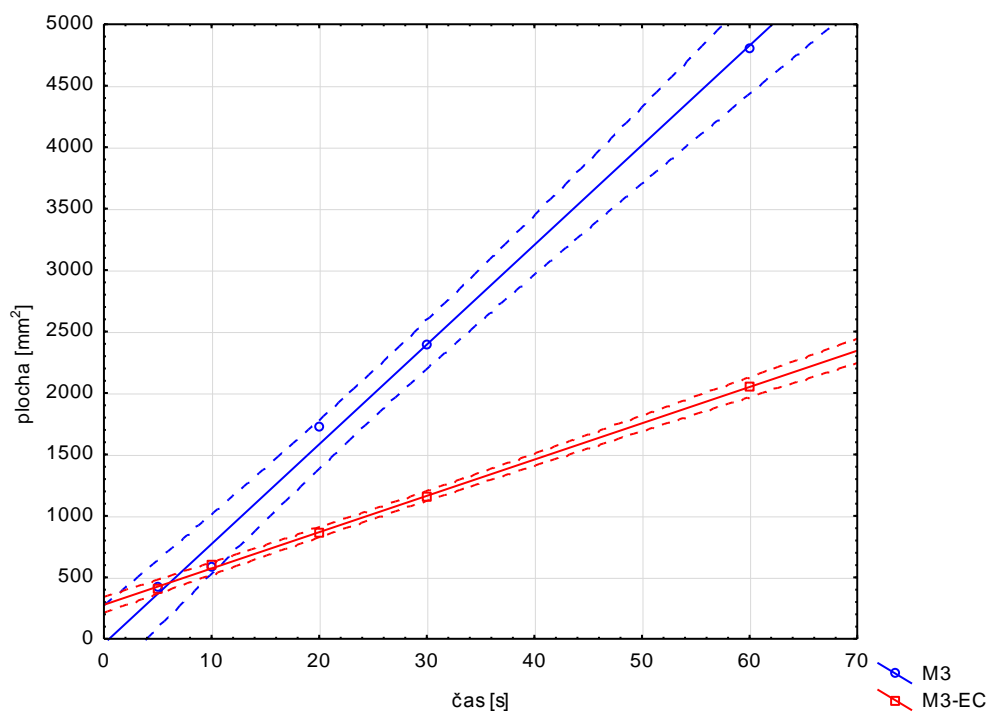
Plocha smočeného materiálu [mm²] (filc 100% vlna)						
Označení materiálu		průměr	rozptyl	r	p-hodnota	α
M1	5s	535,850	3324	0,9996	0,00001	0,05
	10 s	661,312	2044			
	20 s	1060,744	5436			
	30 s	1442,766	22808			
	60 s	2500,876	154176			
M1-EC	5 s	397,412	2322	0,9971	0,0002	0,05
	10 s	523,926	2761			
	20 s	789,718	2555			
	30 s	1103,080	6648			
	60 s	1738,596	13267			
M2	5 s	646,788	37684	0,9992	0,00003	0,05
	10 s	966,036	311903			
	20 s	1334,384	302824			
	30 s	1797,240	270956			
	60 s	3236,530	259035			
M2-S	5 s	544,670	8698	0,9157	0,0290	0,05
	10 s	1608,856	1043458			
	20 s	1710,018	547201			
	30 s	2616,224	407316			
	60 s	3185,458	54401			
M3	5 s	417,056	8814	0,9978	0,0001	0,05
	10s	594,994	15858			
	20 s	1724,908	1055304			
	30 s	2400,568	692668			
	60 s	4801,154	529486			

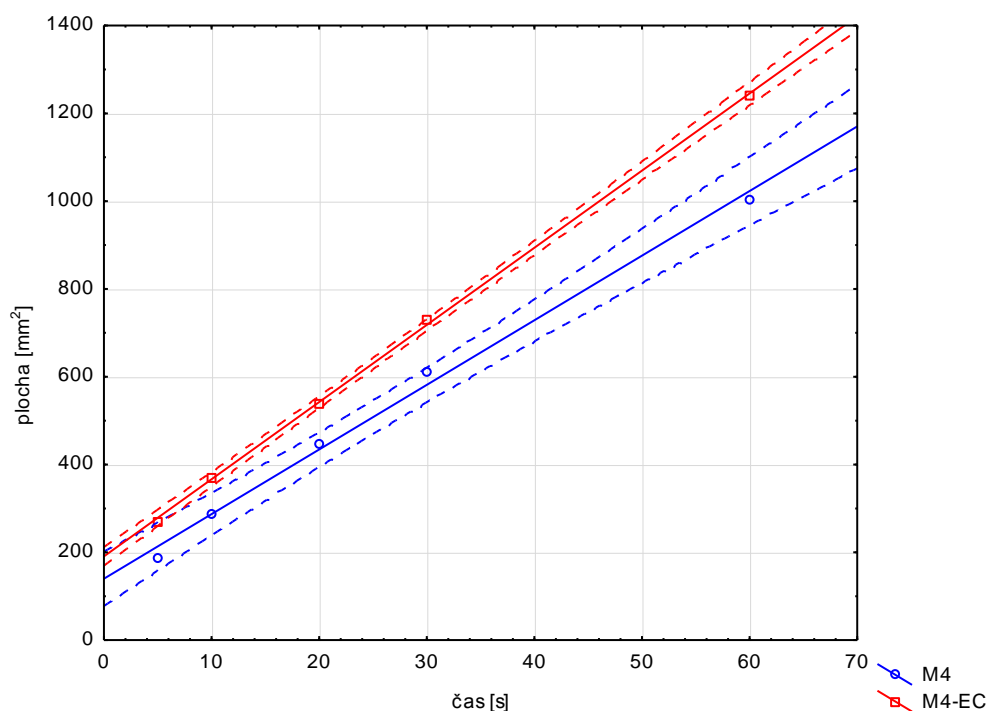
M3-EC	5s	402,256	14565	0,9993	0,00002	0,05
	10 s	612,300	16924			
	20 s	859,548	30269			
	30 s	1151,156	60552			
	60 s	2053,984	201785			
M4	5 s	187,030	7779	0,9974	0,0002	0,05
	10 s	287,054	5807			
	20 s	446,914	5674			
	30 s	612,864	7977			
	60 s	1005,326	11849			
M4-EC	5s	271,424	6459	0,9998	0,00000	0,05
	10s	370,502	4771			
	20 s	538,386	7496			
	30 s	730,184	10582			
	60 s	1240,684	14473			

Z grafu 21 je patrné, že materiál M1 bez finální úpravy více nasákl syntetický pot a má tedy větší smočenou plochu a s časem se plocha zvětšuje více než u stejného materiálu s finální úpravou. Průběh lineární závislosti u materiálu M2 bez úpravy i s finální úpravou Soft je znázorněn v grafu 22. Materiál M2 má podobný průběh závislosti plochy na času jako stejný materiál s finální úpravou, avšak materiál s úpravou má větší rozptyl naměřených dat. V grafu 23 je vidět průběh závislosti mezi časem a plochou u materiálu M3 bez finální úpravy i s úpravou Easy care. V grafu 24 je tato závislost znázorněna pro materiál M4 a M4-EC.



Graf 21: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M1, M1-EC

**Graf 22: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M2, M2-S****Graf 23: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M3, M3-EC**

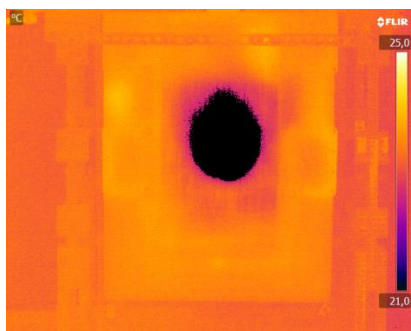


**Graf 24: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M4, M4-EC**

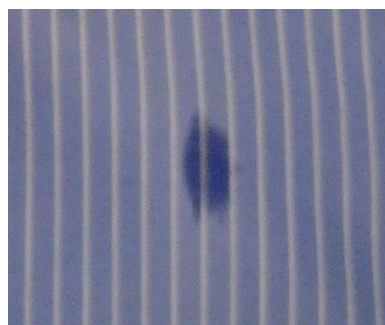
Při měření metodou vážení je zjevné, že materiály měřené za použití funkčního materiálu nasákly větší množství syntetického potu než materiály měřené za pomoci filcu ze 100 % vlny, avšak u měření termografickou metodou se zobrazila větší plocha u měření za pomoci filcu ze 100 % vlny. Příčinou toho je, že termografická kamera zobrazuje teplotní pole a nikoli jen smočená místa. Tím pádem se ukázala větší skvrna a na obrazové analýze se pak vypočítala větší plocha. Materiály měřené za pomoci filcu ze 100 % vlny byly podle vizuální kontroly většinou jen vlhké, chladné nebo minimálně prosákly.

Na obrázcích 27 až 42 jsou znázorněny termogramy pro každý měřený materiál při 60 sekundách. Vedle termogramů jsou příslušné fotky každého materiálu také v 60 sekundách. Termogramy naměřené v čase 5, 10, 20 a 30s jsou uvedeny v příloze 7 na CD

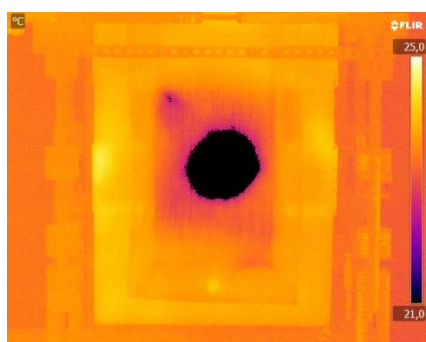




Obrázek 27: Termogram M1 – 60s



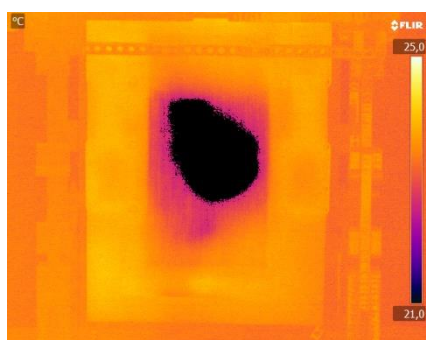
Obrázek 28: Foto M1 – 60s



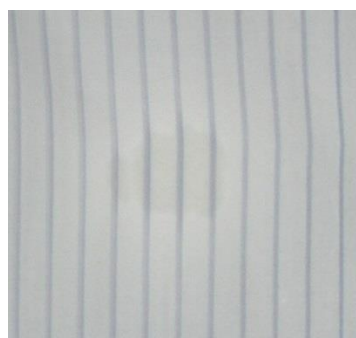
Obrázek 29: Termogram M1-EC – 60s



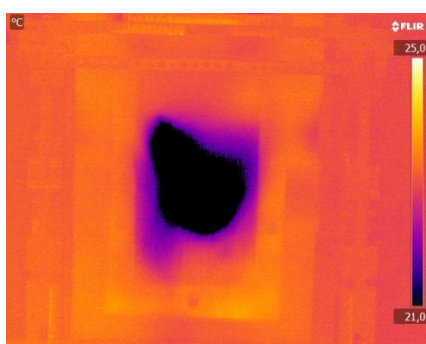
Obrázek 30: Foto M1-EC – 60s



Obrázek 31: Termogram M2 – 60s



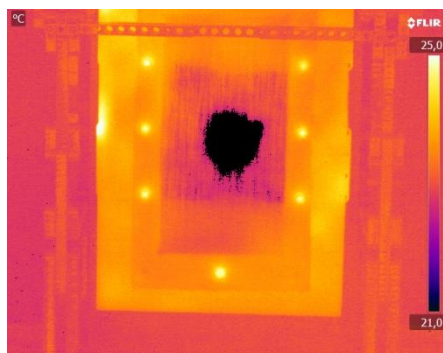
Obrázek 32: Foto M2 – 60s



Obrázek 33: Termogram M2-S – 60s



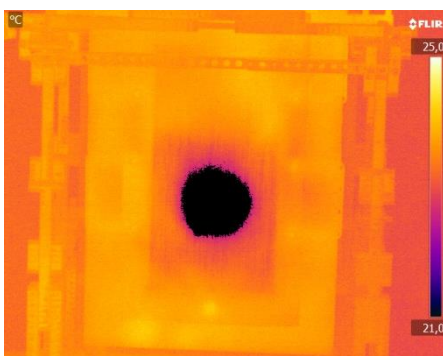
Obrázek 34: Foto M2-S – 60s



Obrázek 35: Termogram M3 – 60s



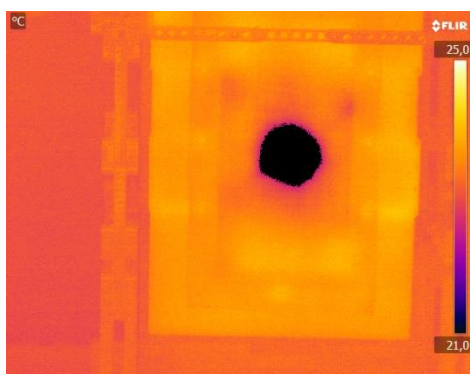
Obrázek 36: Foto M3 – 60s



Obrázek 37: Termogram M3-EC – 60s



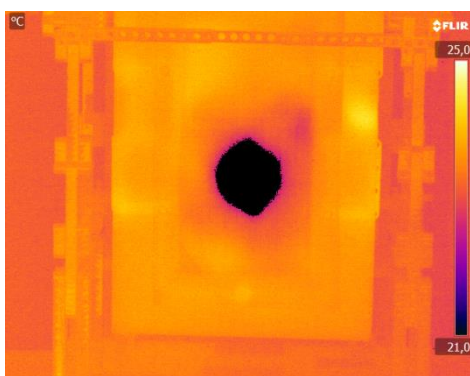
Obrázek 38: Foto M3-EC – 60s



Obrázek 39: Termogram M4 – 60s



Obrázek 40: Foto M4 – 60s



Obrázek 41: Termogram M4-EC – 60s



Obrázek 42: Foto M4-EC – 60s

## 6 Experiment – vzlínavost

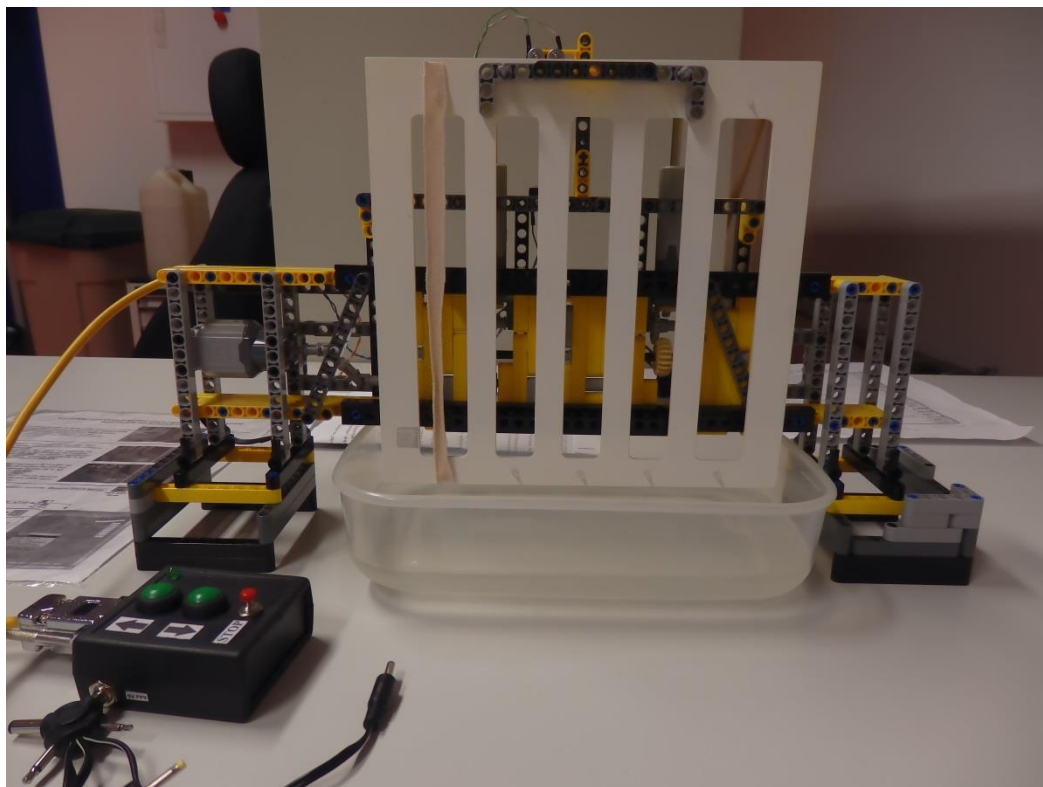
Cílem experimentu bylo stanovení vzlínavosti pomocí termografické techniky a metody vážení u vybraných košilovin. Vzlínavost byla měřena pomocí termovizní kamery značky FLIR a vyhodnocována pomocí obrazové analýzy v programu NIS Elements. Termovizní kamera nesnímala v tomto případě teplotu daného objektu, ale pouze sloužila jako zobrazovací prostředek rozdílných teplotních polí a ta byla následovně vyhodnocována.

### 6.1 Příprava experimentu

Pro experimentální měření byla použita: váha, stopky, termovizní kamera značky FLIR typu X6540sc, zařízení pro měření vzlínavosti, rámeček sloužící k upevnění košilovin, ALMEMO, teploměr měřící teplotu a vlhkost vzduchu, teploměr určující teplotu vody, fotoaparát, voda, nádoba na vodu a soubor měřených materiálů.

Pro tento experiment byl použit nově zhotovený přístroj na měření vzlínavosti, který mi poskytla Technická univerzita v Liberci. Stávající přístroj, který měla Fakulta textilní k dispozici, nebylo možné používat, jelikož se skládá z kovových částí a ty jak už bylo zmíněno, mají vysokou nepropustnost infračerveného záření a velkou část infračerveného záření odrážejí zpět ke kameře. Na stavbu tohoto přístroje byla též použita stavebnice Lego Technic – Mobile Crane MK II a Fakulta textilní jím tak navázala na Bakalářskou práci studenta Kleina, který vytvořil v roce 2015 podobné zařízení.

Přístroj se skládá z několika částí a to z nosné konstrukce, vysunované části, která se vysouvá mechanicky za pomoci elektrického ovládání na tu je připevněn rámeček se vzorky. K celému zařízení patří ještě plastová nádoba na vodu, která se umísťuje pod rámeček. Na přístroj byla přidělána čidla a díky tomu se přístroj vysunul a zasunul vždy do stejného bodu. Přístroj je na obrázku 43.



**Obrázek 43: Přístroj na měření vztlínivosti**

Rámeček je zhotoven z polypropylenu a jeho rozměry jsou 210 x 210 x 2 mm. V rámečku je pět otvorů, tři středové mají rozměr 170 x 20 mm a krajní mají rozměr 170 x 25 mm. Otvory jsou od sebe vzdálené 10 mm a slouží k tomu, aby se dané materiály při měření nelepily na rámeček. K připevnění materiálu slouží plastové hroty, které jsou v rozestupu 25 mm. Od spodního okraje rámečku jsou vzdáleny 5 mm a od horního 10 mm. V horní části rámečku jsou dva otvory pro připevnění ke konstrukci přístroje.

Pro kalibraci obrazu slouží kalibrační čtverec o rozměru 10 x 10 mm, který je umístěn v levém rohu rámečku. V pravé části rámečku je umístěn krejčovský metr - pro ověření sací výšky materiálu.

Při prvním měření bylo zjištěno, že použitá teplota vody  $36\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  používaná i při prvním experimentu je v tomto případě příliš vysoká. Po nasnímání několika termogramů bylo zjištěno, že jelikož byla teplota vody vyšší než teplota vzduchu, na termogramu byla nezřetelná sací výška materiálu.

## 6.2 Příprava vzorků

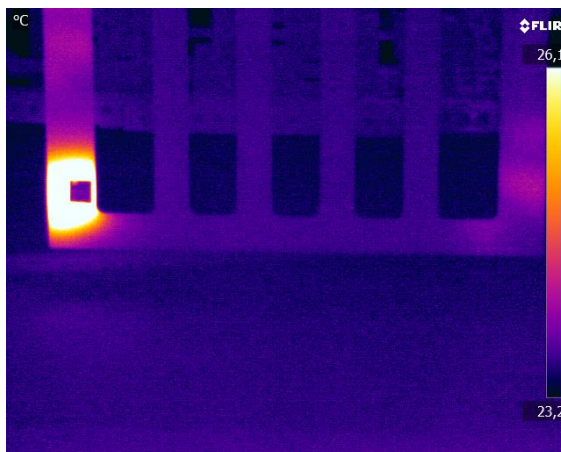
Jednotlivé vzorky košilovin byly nejprve odděleny. Od každého materiálu bylo zhotoveno 5 vzorků bez finální úpravy a 5 vzorků s finální úpravou. Velikost vzorků byla

v tomto případě určena podle velikosti rámečku a tak byly vzorky připraveny na rozměr 200 x 10 mm. Norma ČSN 80 0828 uvádí rozměr vzorků 255 x 10 mm a měření pěti vzorků od každého materiálu ve směru osnovy a pěti vzorků od každého materiálu ve směru útku. Vzorky byly stříhány po osnově.[31]

Takto připravené vzorky byly rozloženy a klimatizovány při standardních klimatických podmínkách minimálně po dobu 24 hodin před započítím měření. Bylo nutné zamezit působení ohybu, tlaku a tahu při přepravování vzorků. Proto byly vzorky přenášeny ve vodorovné poloze, avšak i přesto se nezamezilo drobným deformacím.

### 6.3 Kalibrace obrazu

Kalibrace obrazu se provádí stejně jako u prvního experimentu, jen v tomto případě byl kalibrační čtverec připevněn na levé straně rámečku, viz obrázek 44.

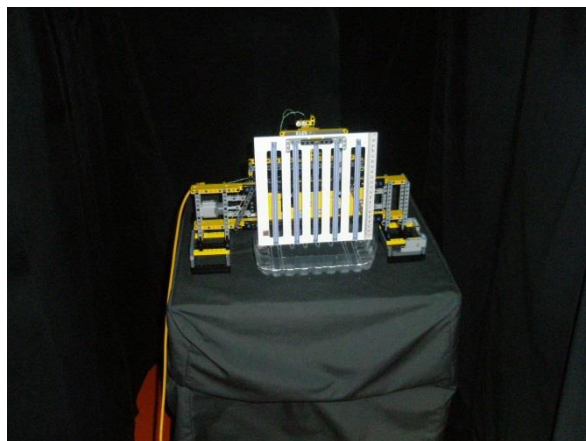


Obrázek 44: Termogram pro kalibraci obrazu

### 6.4 Postup měření

Pro tento experiment bylo také zapotřebí temné komory, která byla zhotovena z kovové konstrukce a potažena černou textilií, která celou tuto konstrukci zakrývala. Dále bylo třeba připravit přístroj na měření vztlakovosti a rámeček na připevnění materiálu. Přístroj byl umístěn na stůl potažený černou textilií do temné komory, viz obrázek 45.





**Obrázek 45: Foto umístění přístroje v temné komoře**

Před každým měřením byl vzorek košiloviny zvážen na váze a poté po pěti vzorcích připevněn do rámečku. Pod přístroj byla připravena plastová miska se stejným množstvím tekutiny a stejnou teplotou. Tekutina se po každém měření kontrolovala za pomoci teploměru a množství za pomoci rysek na nádobě. V experimentu byla používána tekutina o teplotě  $19\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  z vodní sítě. Díky tomu, že voda měla nižší teplotu, než teplota vzduchu v místnosti, byla sací výška na termogramu lépe vidět. Naproti přístroji byla na stativu umístěna kamera typu X6540 sc, která snímala lícní stranu košiloviny. Byla nastavena tak, aby materiál snímala svrchu, viz obrázek 46. Původní plastová nádoba byla vyměněna za jinou, neboť původní nebyla dostatečně transparentní pro infračervené záření.



**Obrázek 46: Foto umístění kamery**

U každého vzorku bylo provedeno pět měření. Vzorky byly snímány po 5, 10, 20, 30, a 60 s a ukládány ve formě obrazů. Při 60 s byl vzorek vždy vyfocen pomocí fotoaparátu. Poté byl vzorek sejmут a opět zvážen. Zhotovené záznamy byly v programu FLIR R&D exportovány do formátu JPEG.

## 6.5 Zpracování snímků

Pořízené snímky neboli termogramy byly zpracovávány v obrazové analýze v programu NIS Elements. Po tom co byly snímky v programu FLIR R&D převedeny do formátu pro ukládání obrázků, aby je bylo možné načíst do programu NIS Elements. Před započítím obrazové analýzy bylo nutné obraz kalibrovat.

Kalibrace se prováděla stejně, jako u prvního experimentu. Obrazová analýza se prováděla pomocí funkce anotace a interaktivní měření. Na obraze se díky této funkci pomocí dvou přímek označila sací výška. Ta se měřila vždy od linie, která byla předem označená přímkou. Po změření se výsledná výška exportovala do programu MS Excel a poté byla data statisticky zpracována. Sací výška byla měřena v mm po dobu: 5, 10, 20, 30 a 60 s. U některých materiálů se vztlínání neprojevovalo ani po 60 s.

## 6.6 Vyhodnocení dat

Hodnotícím prvkem byla metoda vážení po absorpci a sací výška měřená v mm. Měření sací výšky se provádělo v časech: 5, 10, 20, 30 a 60 s. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulek a následovně statisticky vyhodnoceny.

### 6.6.1 Metoda vážení po absorpci

Cílem této části diplomové práce je porovnání košilovin pomocí metody vážení před a po měření sací výšky pomocí termografické techniky. Bylo měřeno osm košilovin (4 bez finální úpravy, 4 s finální úpravou), od každého materiálu bylo naměřeno pět vzorků, které byly dále statisticky vyhodnoceny. Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v Příloze 3. Data pochází z normálního rozdělení. Výsledky byly statisticky vyhodnoceny párovým T-testem a graficky znázorněny pomocí krabicového grafu. Statistické výsledky byly vyhodnoceny pomocí softwaru MS Excel a Statistica.

Dle párového T-testu, viz tabulka 8, se na hladině významnosti pět procent nulová hypotéza zamítá u všech hodnocených materiálů a přijímá se alternativní hypotéza, z čehož vyplývá, že střední hodnoty naměřené pomocí vážení materiálů před a po absorpci se nerovnají.

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ ,  $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$

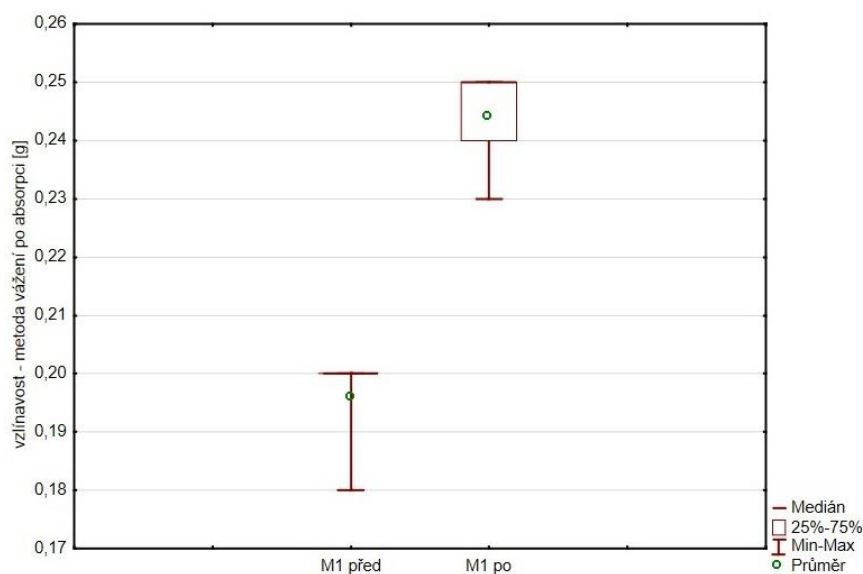
$\mu_1$  ... střední hodnota veličiny pro materiál před navlhčením

$\mu_2$  ... střední hodnota veličiny pro materiál po navlhčení

Tabulka 8: Vzlínavost - metoda vážení po absorpci

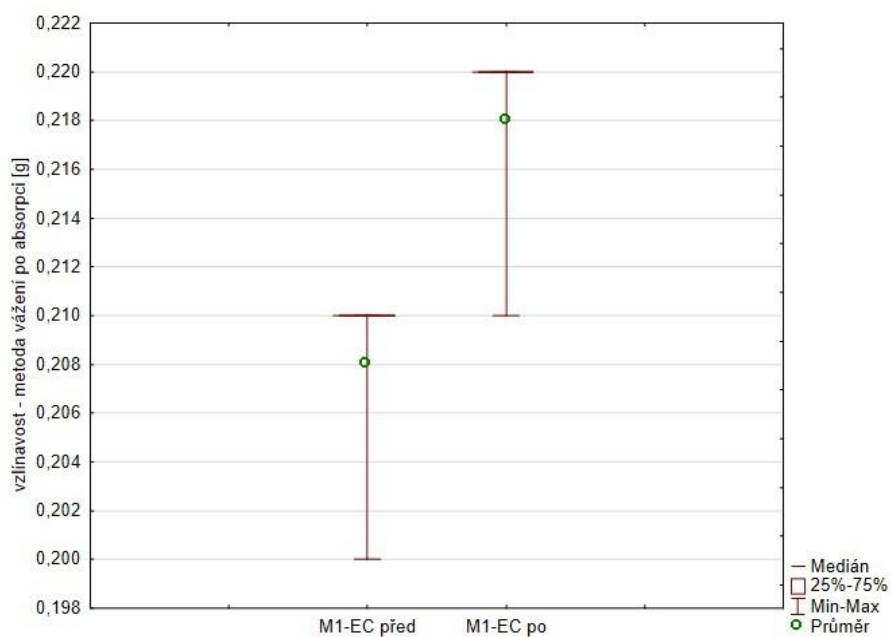
Vzlínavost – metoda vážení po absorpci [g]							
Označení materiálu		Počet měření	Průměr	Rozptyl	Párový T-test p-hodnota	$\alpha$	Ověření hypotézy
M1	před	5	0,196	0,00008	0,000018	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	0,244	0,00008			
M1-EC	před	5	0,208	0,00002	0	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	0,218	0,00002			
M2	před	5	0,198	0,00002	0,000445954	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	0,224	0,00003			
M2-S	před	5	0,196	0,00003	0,002837846	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	0,212	0,00007			
M3	před	5	0,190	0,00005	0,002122883	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	0,226	0,00023			
M3-EC	před	5	0,194	0,00003	0,004635839	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	0,208	0,00007			
M4	před	5	0,254	0,00003	0,000018	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	0,302	0,00002			
M4-EC	před	5	0,252	0,00017	0	0,05	Zamítnutí $H_0$
	po	5	0,252	0,00017			

V grafech 25 až 32 jsou znázorněny krabicové grafy pro všechny měřené vzorky a každý materiál je porovnáván před a po absorpci kapaliny. Z grafů je patrné, že materiály bez finální úpravy nasácky více kapaliny než materiály s finální úpravou. Materiál M4-EC, tedy materiál s finální úpravou nepobral žádnou vlhkost a výsledky pomocí metody vážení se u tohoto materiálu nezměnily před ani po zkoušce vzlínavosti.

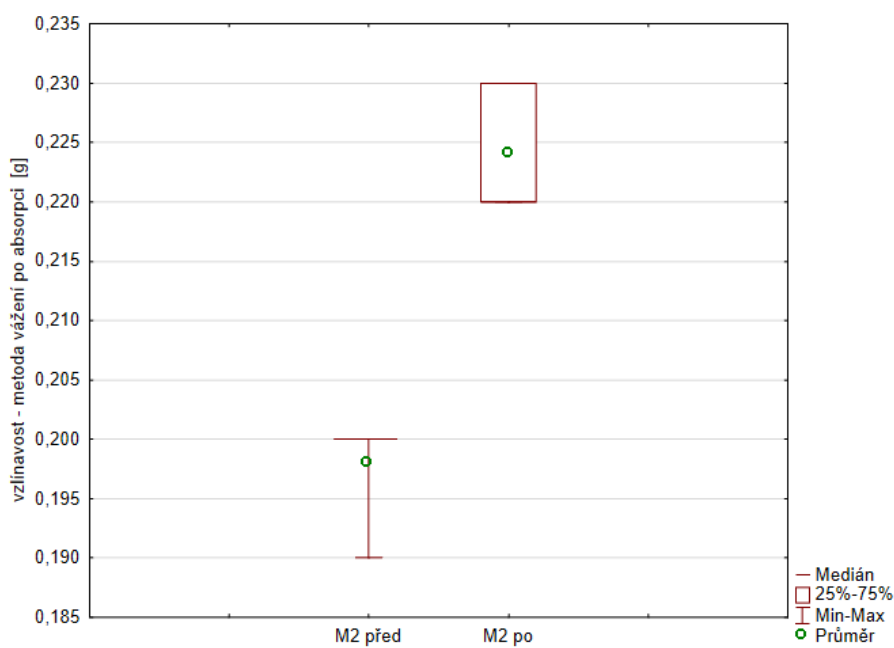


Graf 25: Krabicový graf-vzorek M1

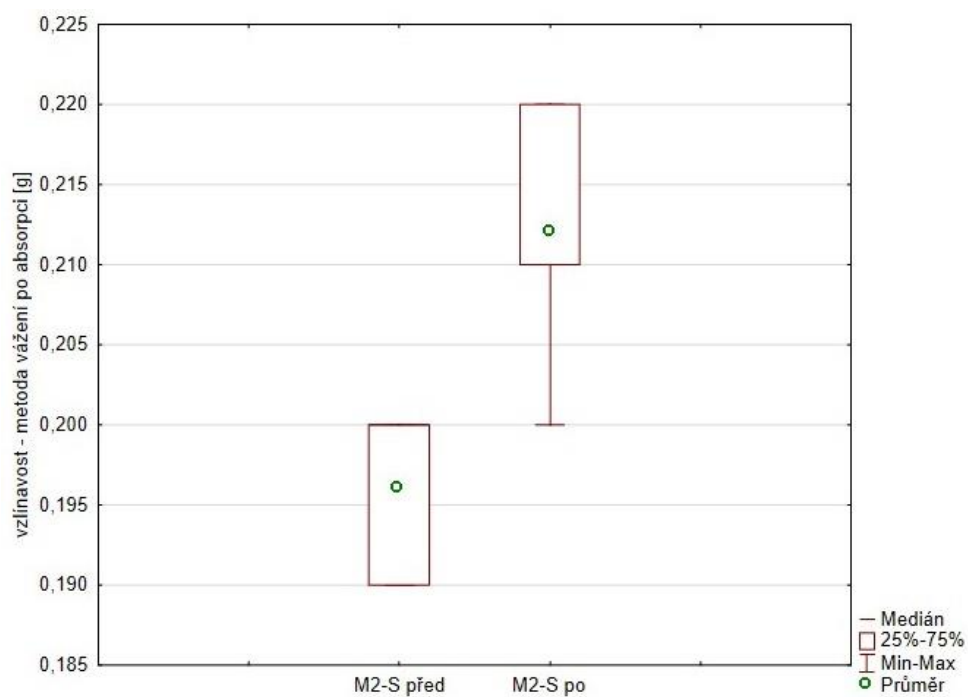




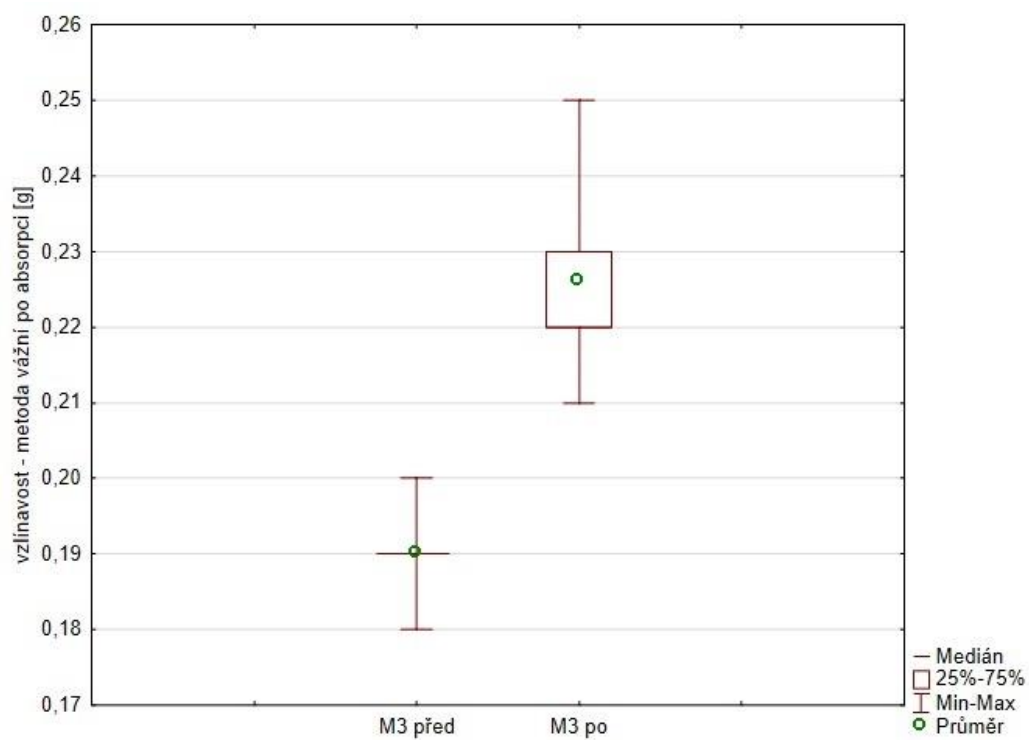
Graf 26: Krabicový graf-vzorek M1-EC



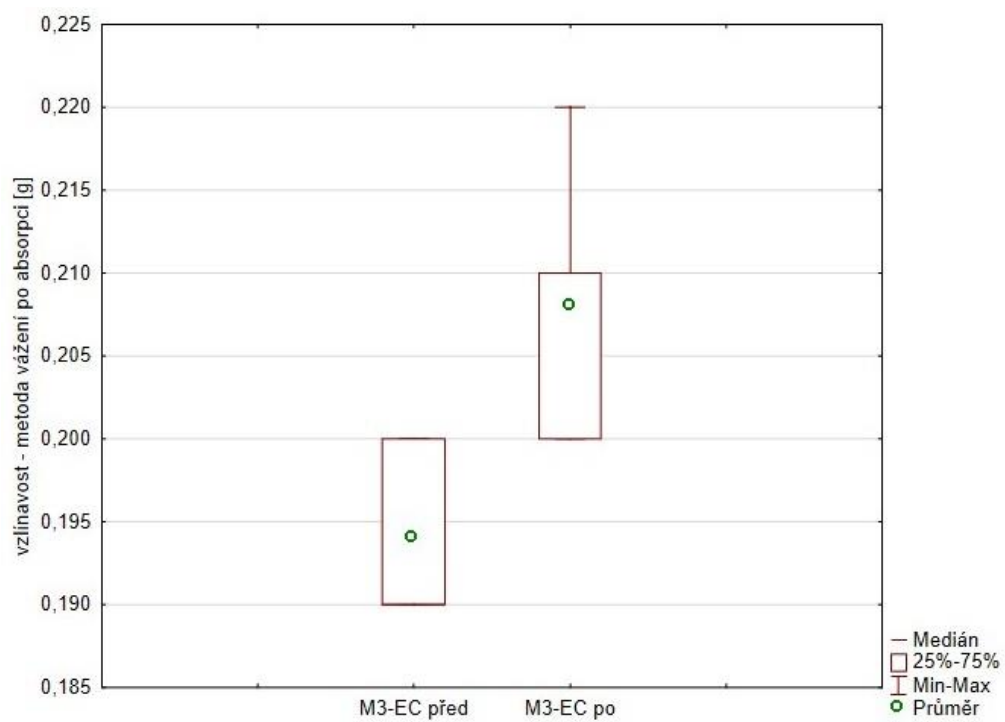
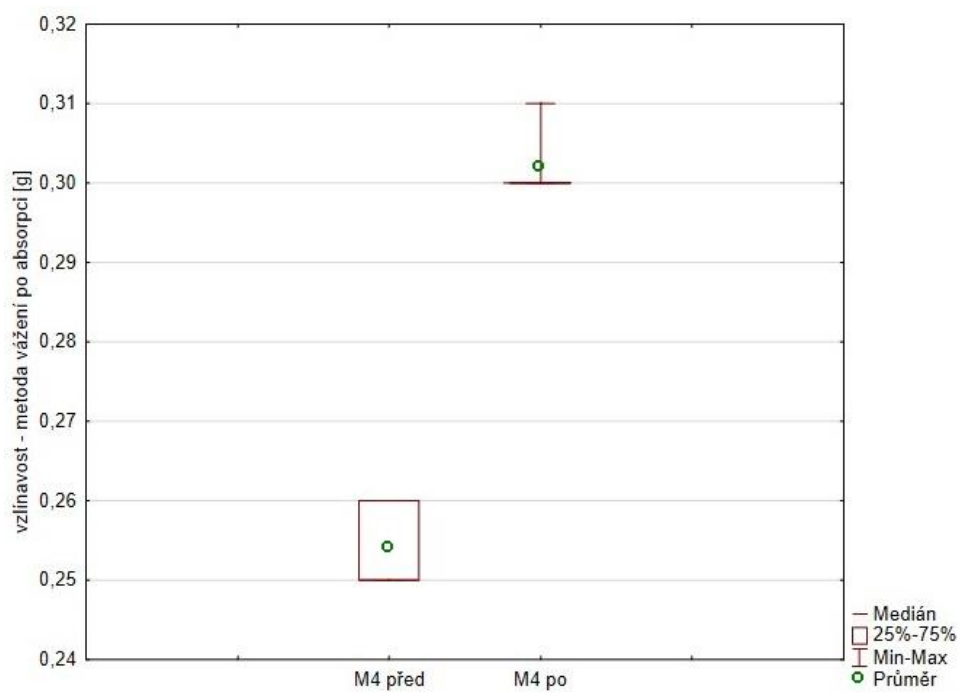
Graf 27: Krabicový graf-vzorek M2

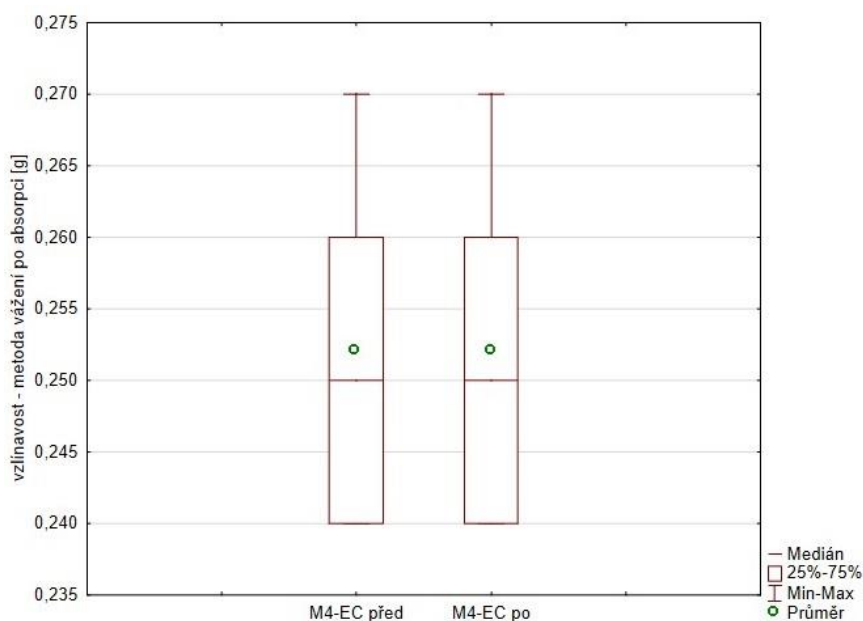


Graf 28: Krabicový graf-vzorek M2-S



Graf 29: Krabicový graf-vzorek M3

**Graf 30: Krabicový graf-vzorek M3-EC****Graf 31: Krabicový graf-vzorek M4**



Graf 32: Krabicový graf-vzorek M4-EC

### 6.6.2 Sací výška – Termografická metoda

V této kapitole budou vyhodnocena data naměřená pomocí termografické metody. Zjišťována zde byla sací výška smočeného materiálu. Termografická kamera zaznamenávala snímky v průběhu měření po 5, 10, 20, 30 a 60 s a poté tyto snímky byly vyhodnoceny pomocí obrazové analýzy a byla tak zjištěna sací výška materiálu v průběhu měření po určených sekundách. Cílem této části je zjistit závislost mezi časem a sací výškou materiálu. Od každého zkoumaného materiálu bylo měřeno pět vzorků. Průměry a rozptyly pro každý materiál a čas jsou zaznamenány v tabulce 9. Všechna naměřená data jsou uvedena v Příloze 4. Data pochází z normálního rozdělení. Výsledky jsou statisticky vyhodnoceny pomocí korelační analýzy a graficky znázorněny. Statistické výsledky byly vyhodnoceny pomocí softwaru MS Excel a Statistica.

Na pěti procentní hladině významnosti se testuje, zda existuje statisticky významný vztah mezi časem a sací výškou materiálu. V tabulce 9 jsou uvedeny korelační koeficienty  $r$  pro každý materiál. Korelační koeficient ukazuje u všech materiálů, že mezi zkoumanými veličinami je rostoucí závislost. To znamená, že s rostoucím časem se zvětšuje i sací výška materiálu. Tudíž se zamítá nulová hypotéza a přijímá se alternativní. Jen u materiálu M4-EC neexistuje závislost, a proto se v tomto případě přijímá nulová hypotéza.

$H_0$ :  $r=0$  (mezi zkoumanými veličinami neexistuje závislost)

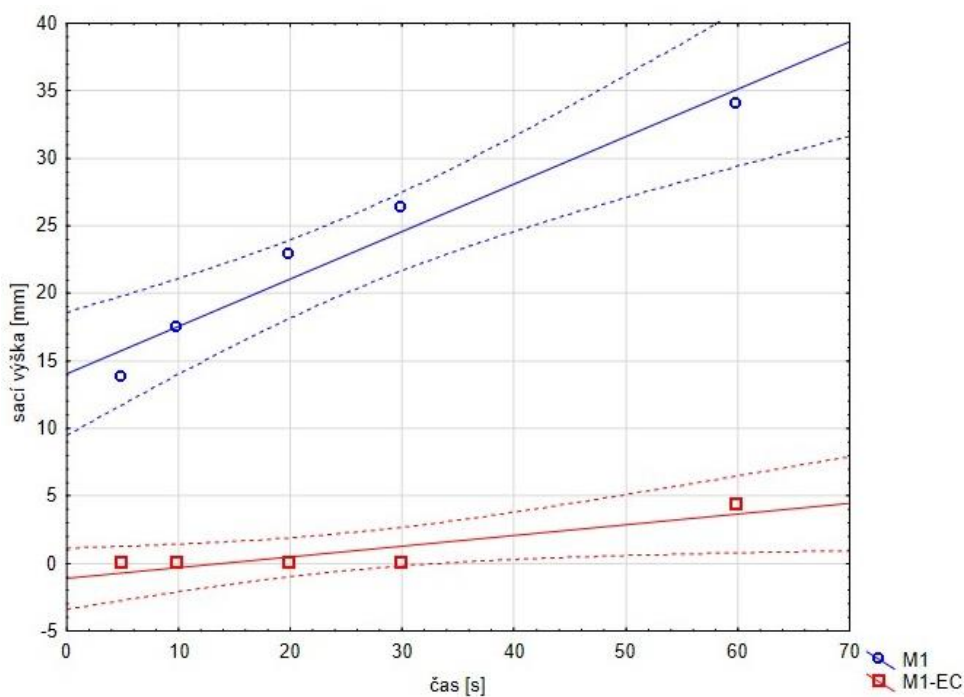
$H_A$ :  $r \neq 0$  (existuje významná závislost)

$r$  ... korelační koeficient

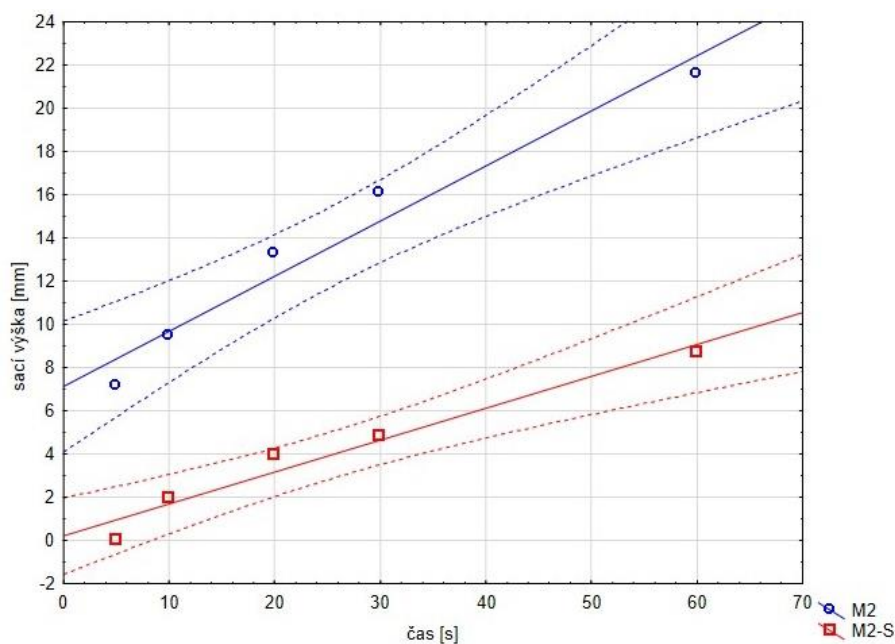
**Tabulka 9: Sací výška smočeného materiálu - vztlínavost**

Sací výška materiálu [mm] – vztlínavost						
Označení materiálu		průměr	rozptyl	R	p-hodnota	$\alpha$
M1	5s	13,72	0,13	0,9761	0,0044	0,05
	10 s	17,45	0,13			
	20 s	22,85	0,67			
	30 s	26,24	0,59			
	60 s	33,93	0,94			
M1-EC	5 s	0	0	0,8977	0,0387	0,05
	10 s	0	0			
	20 s	0	0			
	30 s	0	0			
	60 s	4,31	0,35			
M2	5 s	7,12	1,14	0,9798	0,0034	0,05
	10 s	9,47	1,53			
	20 s	13,26	1,06			
	30 s	16,08	0,84			
	60 s	21,59	0,82			
M2-S	5 s	0	0	0,9795	0,0035	0,05
	10 s	1,95	0,24			
	20 s	3,96	0,24			
	30 s	4,82	0,47			
	60 s	8,73	0,72			
M3	5 s	11,88	1,16	0,9670	0,0072	0,05
	10s	15,62	1,21			
	20 s	19,46	0,96			
	30 s	22,16	1,24			
	60 s	27,79	1,23			
M3-EC	5s	4,88	1,57	0,9977	0,0001	0,05
	10 s	5,74	1,56			
	20 s	6,474	1,39			
	30 s	7,98	1,97			
	60 s	11,25	2,40			
M4	5 s	5,91	1,79	0,9845	0,0023	0,05
	10 s	9,65	0,92			
	20 s	14,35	3,05			
	30 s	19	1,64			
	60 s	27,44	2,41			
M4-EC	5s	0	0	0	0	0,05
	10s	0	0			
	20 s	0	0			
	30 s	0	0			
	60 s	0	0			

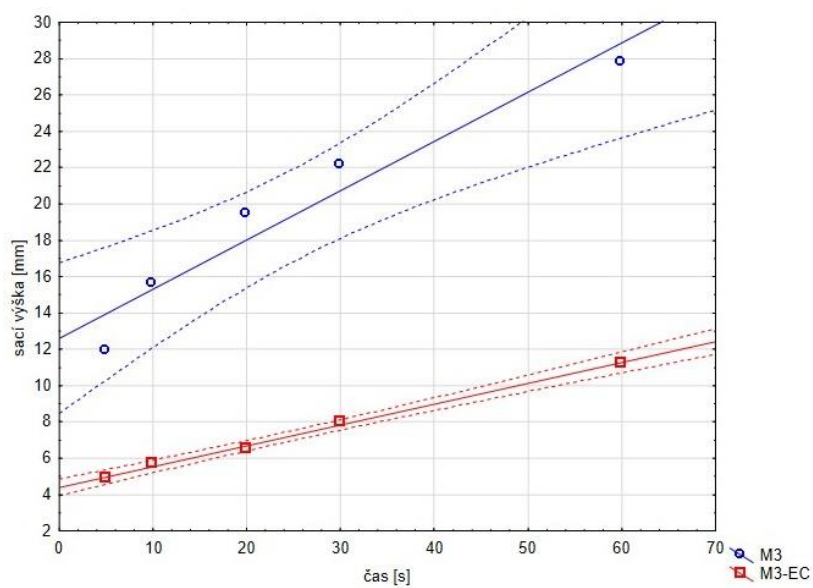
Z grafů 33 až 36 je patrné, že materiály bez finální úpravy více nasáklý kapalinu a mají tedy větší sací výšku a s časem se sací výška zvětšuje více než u stejného materiálu s finální úpravou.



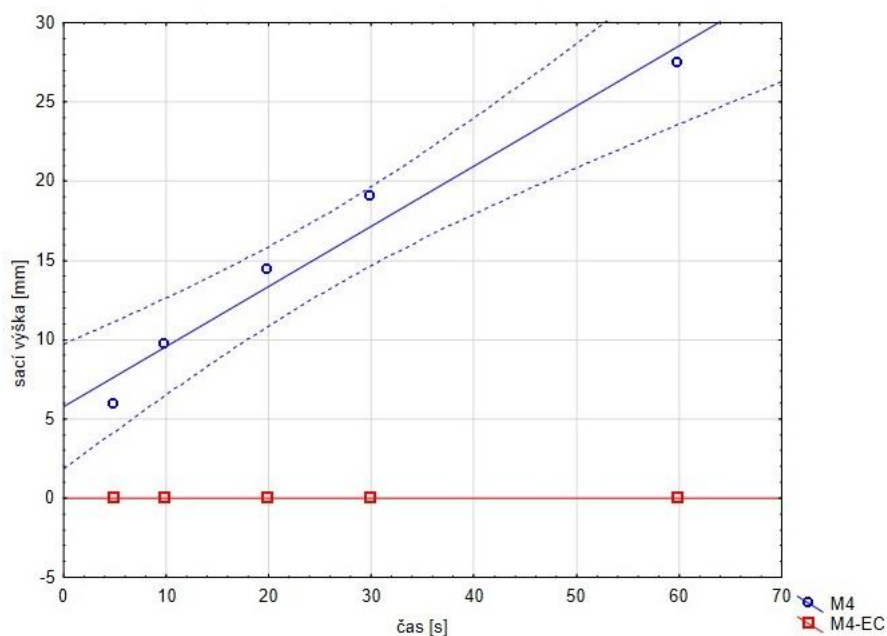
Graf 33: Závislost mezi časem a sací výškou – vzorky M1, M1-EC



Graf 34: Závislost mezi časem a sací výškou – vzorky M2, M2-S

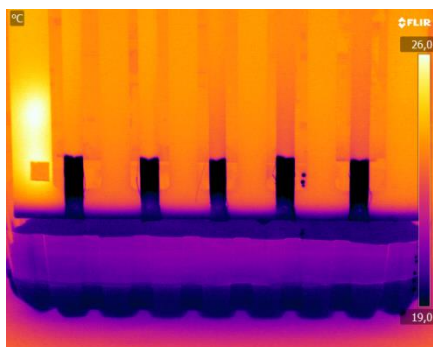


**Graf 35: Závislost mezi časem a sací výškou – vzorky M3, M3-EC**



**Graf 36: Závislost mezi časem a sací výškou – vzorky M4, M4-EC**

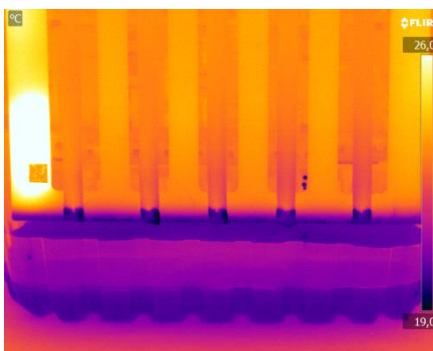
Na obrázcích 47 až 62 jsou znázorněny termogramy pro každý měřený materiál při 60 sekundách. Vedle termogramů jsou příslušné fotky každého materiálu také při 60 sekundách. Termogramy naměřené v čase 5, 10, 20 a 30s jsou uvedeny v příloze 10 na CD.



Obrázek 47: Termogram M1 – 60s



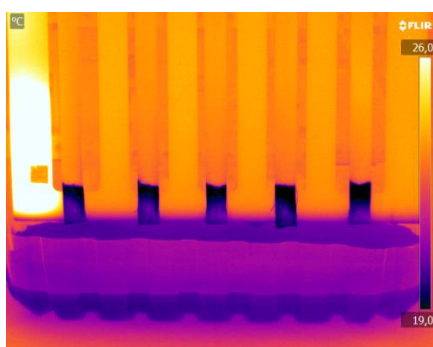
Obrázek 48: Foto M1 – 60s



Obrázek 49: Termogram M1-EC – 60s



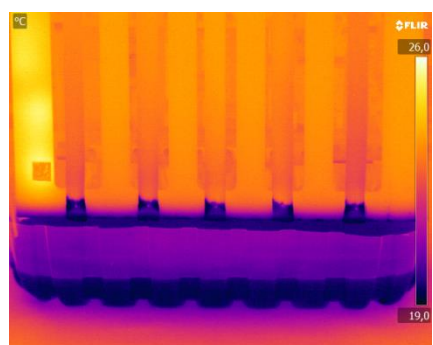
Obrázek 50: Foto M1-EC – 60s



Obrázek 51: Termogram M2 – 60s



Obrázek 52: Foto M2 – 60s

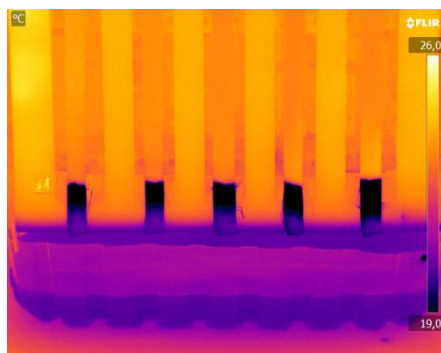


Obrázek 53: Termogram M2-S – 60s

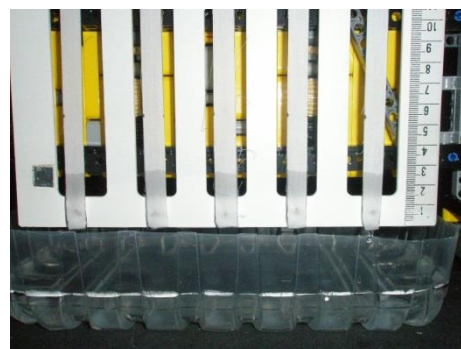


Obrázek 54: Foto M2-S – 60s

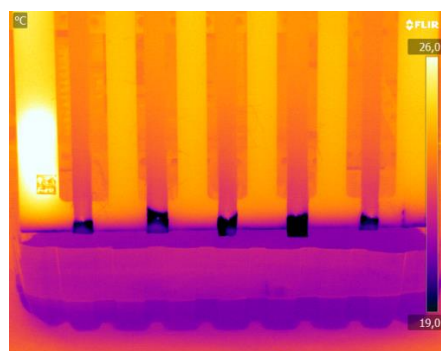




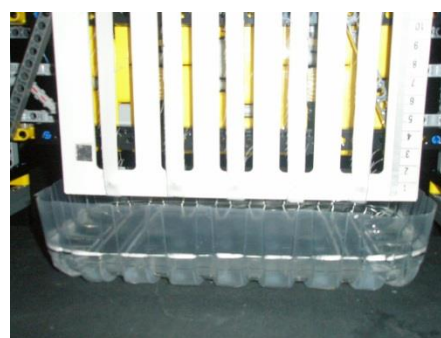
Obrázek 55: Termogram M3 – 60s



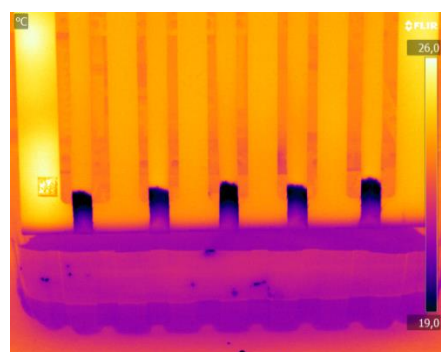
Obrázek 56:Foto M3 – 60s



Obrázek 57: Termogram M3-EC – 60s



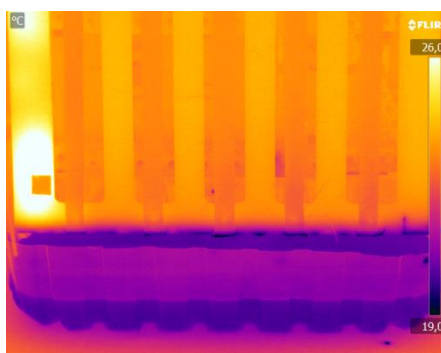
Obrázek 58: Foto M3-EC – 60s



Obrázek 59: Termogram M4 – 60s



Obrázek 60:Foto M4 – 60s



Obrázek 61: Termogram M4-EC – 60s



Obrázek 62: Foto M4-EC – 60s

## 7 Shrnutí experimentální části

Hlavním cílem experimentální části je na základě zkoumaných materiálů zjistit vliv finálních úprav na vzlínavost a savost košilovin. Experimentální část práce je pro přehlednost rozdělena do tří částí. První se zabývá charakterizováním vybraných materiálů. V druhé části je hodnocena zkouška simulující navlhčení košilovin při pocení, navržení a sestavení přístroje pro tento experiment. Hodnoceny byly košiloviny nejprve metodou vážení po absorpci a poté následovalo měření plochy smočeného materiálu pomocí termovizní kamery. Při této zkoušce byly také vyhodnocovány tvarové charakteristiky. Ve třetí části je popsána vzlínavost a vyhodnocena metoda vážení po absorpci a sací výška smočeného materiálu pomocí termovizní kamery.

Výsledkem je porovnání vzorků bez úpravy a s finální úpravou a vyhodnocení, jaký vliv má finální úprava na vzlínavost a savost. Vzorky poskytnuté firmou Mileta a.s. měly finální úpravu Easy care a Soft. Pro vyhodnocení vzorků byl použit program FLIR R&D a obrazová analýza (NIS Elements). Pro statistické vyhodnocení bylo využito programu Microsoft Excel a programu Statistica.

Při hodnocení tvarové charakteristiky byly výsledky zapsány do tabulky a byl spočítán průměr, rozptyl a variační koeficient. U metody vážení po absorpci byly výsledky statisticky vyhodnoceny párovým T-testem a graficky znázorněny pomocí krabicového grafu. Při vyhodnocování plochy a sací výšky byly výsledky statisticky vyhodnoceny pomocí korelační analýzy a graficky znázorněny.

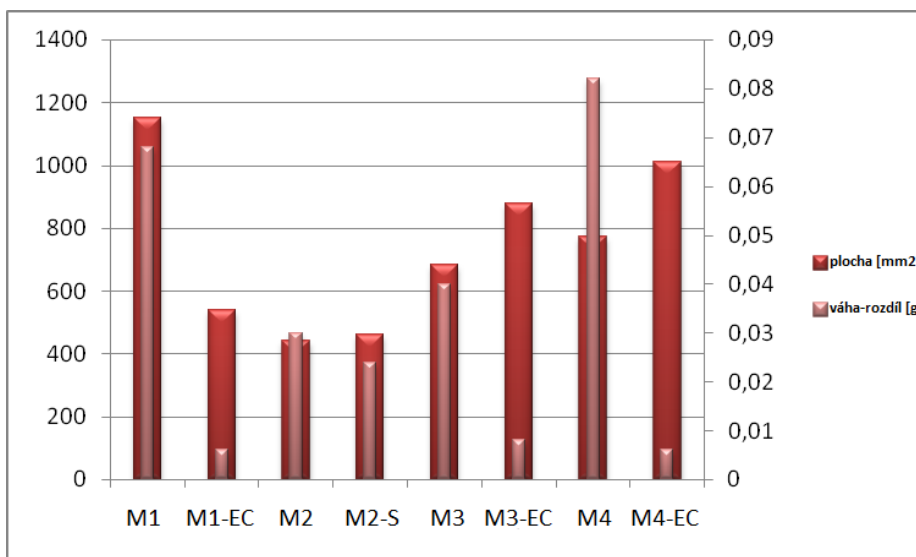
Při hodnocení zkoušky simulace navlhčení pokožky bylo zjištěno, že při měření metodou vážení je zjevné, že materiály měřené za použití funkčního materiálu (100% polyester Coolmax Fresh) nasákly větší množství syntetického potu než materiály měřené za pomoci filcu ze 100 % vlny, avšak u měření termografickou metodou se zobrazila větší plocha u měření za pomoci filcu ze 100 % vlny. Příčinou toho je, že termografická kamera zobrazuje teplotní pole a nikoli jen smočená místa. Tím pádem se ukázala větší skvrna a na obrazové analýze se pak vypočítala větší plocha. Materiály měřené za pomoci filcu ze 100 % vlny byly podle vizuální kontroly většinou jen vlhké, chladné nebo minimálně prosákly.

U vzlínavosti byla měřena pomocí srovnávací termografické techniky sací výška s následným měřením metodou vážení po absorpci do struktury textilie. Výsledky měření byly statisticky vyhodnoceny (párovým T- testem a korelační analýzou) a graficky znázorněny.

Na závěr experimentu je hodnocena závislost mezi použitými metodami měření. Lze tak ověřit zda termografická metoda je vhodná pro měření nasákavosti a vzlínivosti materiálů. V tabulkách 10 až 12 jsou uvedena pro každý vzorek rozdíly hodnot naměřené pomocí metody vážení a plocha smočeného materiálu, u vzlínivosti výška, naměřená při 60s. V prvním případě, kdy se u vzorků měřila simulace pocení pomocí funkčního materiálu, se korelace blíží nule, to znamená, že mezi daty není žádná statisticky zjištělná lineární závislost. V druhém případě, kdy byla simulace pocení měřena pomocí filcu, data také nejsou zcela přímo závislá. Na základě těchto výsledků, lze usuzovat, že termografická metoda měření nasákavosti se neprokázala jako vhodná. V případě vzlínivosti je tomu však jinak, protože korelace se blíží jedné a data značí přímou závislost. To znamená, že čím stoupá hodnota sací výšky, tím roste i rozdíl mezi váhou vzorku před a po smočení. V tomto případě je termografická metoda vhodnou metodou pro měření vzlínivosti.

**Tabulka 10 Simulace pocení – funkční materiál**

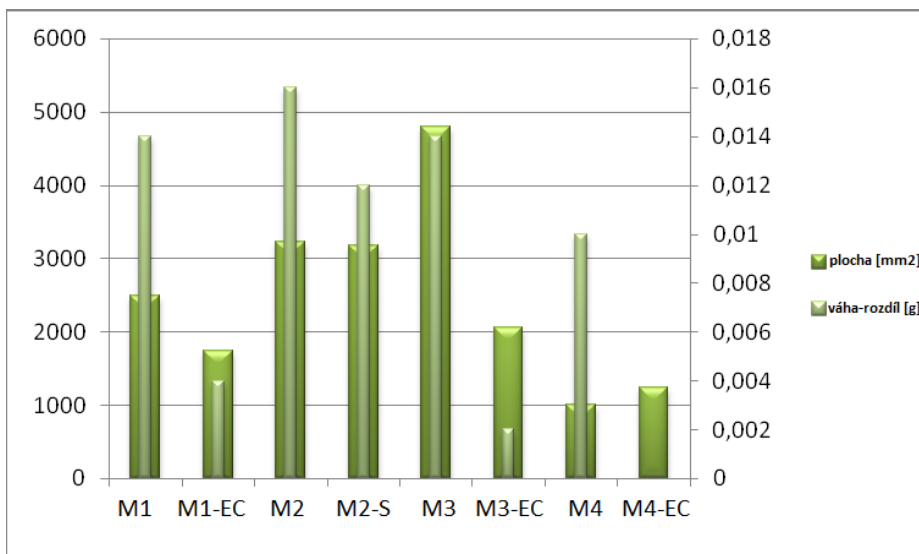
vzorek	Plocha [mm <sup>2</sup> ]	váha rozdíl [g]
M1	1152,916	0,068
M1-EC	540,896	0,006
M2	441,542	0,03
M2-S	459,742	0,024
M3	683,556	0,04
M3-EC	878,574	0,008
M4	774,72	0,082
M4-EC	1012,178	0,006
Korelace	0,26	



**Graf 37: Simulace pocení – funkční materiál**

Tabulka 11 Simulace pocení - filc

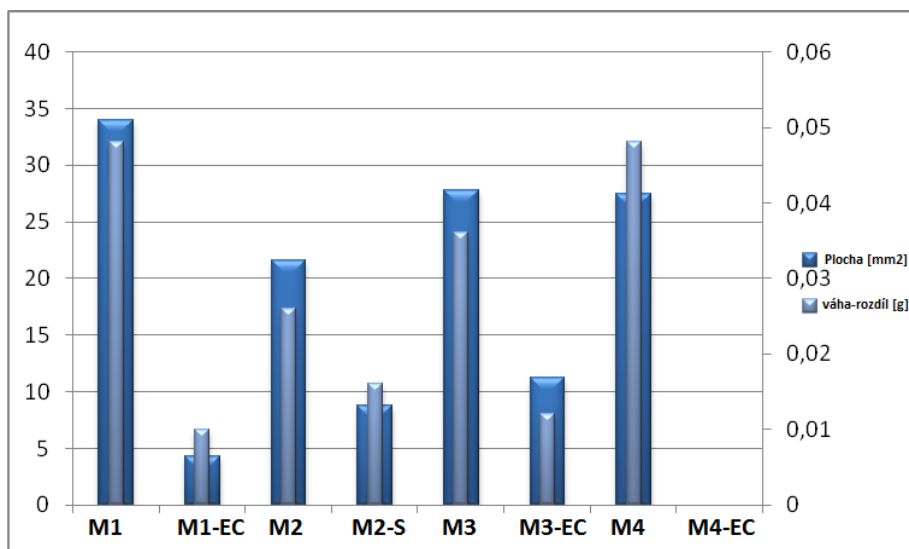
vzorek	Plocha [mm <sup>2</sup> ]	váha rozdíl [g]
M1	2500,876	0,014
M1-EC	1738,596	0,004
M2	3236,53	0,016
M2-S	3185,458	0,012
M3	4801,154	0,014
M3-EC	2053,984	0,002
M4	1005,326	0,01
M4-EC	1240,684	0
Korelace	0,66	



Graf 38: Simulace pocení - filc

Tabulka 12 Vzlínavost

vzorek	Výška [mm]	váha rozdíl [g]
M1	33,93	0,048
M1-EC	4,31	0,01
M2	21,59	0,026
M2-S	8,73	0,016
M3	27,79	0,036
M3-EC	11,25	0,012
M4	27,44	0,048
M4-EC	0	0
Korelace	0,96	



Graf 39: Vzlínavost

## Závěr

V současné době se čím dál více rozšiřuje trend, kdy zákazník nehledí v první řadě na cenu, ale spíše na kvalitu. Zákazníci jsou ochotni připlácet za kvalitní věci, které jim zaručí komfortní vlastnosti oděvu. Pocit tepla a suché pokožky se řadí do vlastností moderních textilií. V případě, že se vlhkost nahromadí v textilií, vyvolává nepříjemné pocity uživatelů. U levných oděvů se zákazník dokáže smířit s horšími komfortními vlastnostmi, avšak u oděvů, kdy je pořizovací cena vyšší předpokládá, že je v těchto případech komfort zaručen.

Oděv je běžnou součástí našeho života a plní mnoho funkcí. Vyjadřuje určité postavení či názor uživatele. Během několika posledních let se změnila i pánská móda. Dávno se nepoužívají jen klasické střihy, barvy, ale velký důraz se klade také na design a snadnou údržbu. U pánských košil je v posledních letech nejvíce žádaná finální úprava Easy care (nemačkává), mezi další patří úprava Soft (změkčovací) a jako poslední můžeme zmínit finální úpravu Non Iron.

Zákazníci se čím dál tím více zajímají o zboží, které kupují. Můžeme tedy říci, že komfort textilií je důležitý i z hlediska marketingu. Pokud chtějí výrobci uspět v dnešním konkurenčním prostředí, musí se zaměřovat na informování svých zákazníků o vlastnostech zboží, tím pádem i o komfortních vlastnostech oděvů.

Tato diplomová práce se zabývá hodnocením nasákavosti košilovin pomocí termografické techniky. Úkolem práce bylo navrhnout experiment představující simulaci navlhčení košilovin při pocení s použitím srovnávací termografické techniky a provést experimentální měření s následným měřením metodou vážení po absorpci kapaliny do struktury textilie. Dalším úkolem bylo provést měření na stanovení vzlínavosti pomocí srovnávací termografické techniky, měření s následným měřením metodou vážení po absorpci kapaliny do struktury textilie.

Vzorky, na nichž experiment probíhal, byly košiloviny z 100% bavlny dodané akciovou společností Mileta se sídlem v Hořicích. Cílem práce bylo na základě zkoumaných materiálů zjistit vliv finálních úprav na vzlínavost a savost košilovin. K provedení experimentu bylo použito 120 vzorků bez finálních úprav a s finálními úpravami Easy care a Soft. Vždy bylo použito 5 vzorků od jednoho materiálu pro každou zkoušku. Měření se provádělo na jedné sadě materiálu s názvem Savoy, Symphony, Jive a Duca. Měření vybraných košilovin probíhalo na Katedře oděvnictví.

Měření simulace navlhčení košilovin při pocení bylo měřeno na nově navrženém a zhotoveném přístroji ze stavebnice Lego Technic. Pro toto měření byly určeny dva materiály, které představovaly navlhčenou pokožku (funkční materiál - 100% polyester Coolmax Fresh a filc - 100% vlny). Na tento experiment byl použit syntetický pot – alkalický. Na obě měření bylo použito 8 vzorků a od každého bylo provedeno 5 opakování. Všechna data byla vyhodnocena v programu Microsoft Excel a Statistica. Pro zpracování snímků bylo třeba použít program FLIR a k změření tvarových charakteristik program Nic Elements. Při hodnocení tvarové charakteristiky byly výsledky zapsány do tabulky a byl spočítán průměr, rozptyl a variační koeficient. U metody vážení byl z těchto pěti naměřených hodnot vypočítán průměr a data byla statisticky vyhodnocena párovým T-testem a graficky znázorněna pomocí krabicového grafu. Porovnával se vždy stejný materiál před a po úpravě. Při vyhodnocování plochy byly výsledky statisticky hodnoceny pomocí korelační analýzy a graficky znázorněny.

Bylo zjištěno, že při měření metodou vážení je zjevné, že materiály měřené za použití funkčního materiálu (100% polyester Coolmax Fresh) nasákly větší množství syntetického potu než materiály měřené za pomoci filcu ze 100 % vlny, avšak u měření termografickou metodou se zobrazila větší plocha u měření za pomoci filcu ze 100 % vlny. Příčinou toho je, že termografická kamera zobrazuje teplotní pole a nikoli jen smočená místa. Tím pádem se ukázala větší skvrna a na obrazové analýze byla vypočítaná větší plocha. Materiály měřené za pomoci filcu ze 100 % vlny byly podle vizuální kontroly většinou jen vlhké, chladné nebo minimálně prosákly.

Druhou metodou měření byla vzlínavost, kde byla opět použita metoda vážení po absorpci a termografická metoda, při které se vyhodnocovala sací výška smočeného materiálu. Sací výška smočeného materiálu byla měřena na přístroji, který byl poskytnut Katedrou oděvní a byl taktéž zhotoven ze stavebnice Lego Technic. Na toto měření bylo použito 8 vzorků a od každého bylo provedeno 5 měření. Z těchto pěti naměřených hodnot byl vypočítán průměr a data byla statisticky vyhodnocena. U metody vážení byla data vyhodnocena párovým T-testem a graficky znázorněna pomocí krabicového grafu. Při vyhodnocování sací výšky byly výsledky statisticky hodnoceny pomocí korelační analýzy a graficky znázorněny.

Z experimentů vyplývá, že výsledky z termografické kamery nejsou prokazatelné, jako výsledky pomocí metody vážení. Termografická metoda nesnímá pouze vlhkost materiálu,

ale snímá i chlad. Je vyhodnocena pomocí obrazové analýzy a snímky znázorňují smočené skvrny na materiálu, ale i teplotní rozdíly. Pomocí obrazové analýzy se pak určí plocha ze snímků termovizní kamery, kde nejsou zahrnuta jen smočená místa, ale i teplotní rozdíly. Tato naměřená plocha může tak vykazovat zkreslené hodnoty plochy smočeného místa.

U vzlínavosti bylo prokázáno, že materiály bez finální úpravy více nasáklý kapalinu a mají tedy větší sací výšku a s časem se sací výška zvětšuje více než u stejného materiálu s finální úpravou.

Je důležité si uvědomovat, že vzorky měřeného materiálu se jednotlivými parametry lišily. Jednalo se o různé úpravy, vazby, plošné hmotnosti a dostavy. Tkaniny by měly být vždy konstruovány tak, aby parametry, které ubírají na kvalitě, byly vykompenzovány například správnou finální úpravou.

Pro další hodnocení je doporučeno dále se zabývat termovizní metodou a zkoumat tuto metodu tak, aby byla objektivní při měření simulace pocení a vzlínavosti. Například při snímání kamerou v čase  $T$  odizolovat dotykovou plochu od testovaného vzorku, vložením teplo/chlad nepropouštějící materiál.

## Seznam literatury a internetových zdrojů

- [1] RŮŽIČKOVÁ, Dagmar. *Oděvní materiály*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2003, 221 s. ISBN 80-7083-682-2.
- [2] PASTRNEK, R. - VLACH, P. *Finální úpravy textilií*. TU Liberec, 2002
- [3] Růžicka, J., Vyprachtický, J., Pajgrt, O., Hác, V., Čáp, J., Janák, P. *Technologie předúprav, finálních a speciálních úprav textilních materiálů*. Pardubice : 1. vyd., 1985. ISBN 55-718-84.
- [4] SCHINDLER, W a P HAUSER. *Chemical finishing of textiles*. Cambridge, England: Woodhead, 2004, x, 213 p. ISBN 1855739054.
- [5] Howorth, W.S. The Handle of Suiting, Lingerie and Dress Fabric. *Journal of The Textile Institute*. 1964, roč. 55, č. 4, s. 251-256
- [6] HES, Luboš a Petr SLUKA. *Úvod do komfortu textilií*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2005. 109 s. ISBN 80-708-3926-0.
- [7] HOBLER, Tadeusz. *Absorpce*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1967, 449 s.
- [8] DAS, B., A. DAS, V. K. KOTHARI, R. FANGUEIRO a M. DE ARAUJO. Moisture transmission through textiles: Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play. *AUTEX Research Journal*, 2007, s. 11.
- [9] CHUPÁČ, Milan. *Termovízia a jej využitie v praxi*. Žilina: Žilinská univerzita, 2007.
- [10] HAVELKA, A., A. HALASOVÁ a J. DVOŘÁK. *The heat and moisture transport through clothing material*. STRUTEX TU Liberec, 2005, s. 4.
- [11] *Uživatelská příručka značky FLIR: FLIR InfraCAM, FLIR InfraCAM SD* [online]. 2008. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.pepr.cz/pdf/InfraCAM-cs.pdf>
- [12] KOVÁČ, Michal. *Termovízia v lekárskej praxi*. Bratislava: Veda, 2008, 67 s. ISBN 978-80-224-0963-6.
- [13] LEVITIN, Izidor Borisovič. *Infračervená technika*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1979. 158 s.
- [14] *Vše o infračervené technologii* [online]. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.proheat.cz/products/vse-o-infracervene-technologie/>
- [15] ŠINTÁK, Jiří. 1988. *Teoretické základy energetického zařízení II.*. Liberec.
- [16] NOŽIČKA, Jiří. 1960. *Nauka o proudění a sdílení tepla*. Praha.
- [17] BAUER, František a Prokop NOVOTNÝ. 1995. *Základy nauky o sdílení tepla*. Praha.
- [18] VESELÁ, Daniela. *Speciální technika a měření v oděvní výrobě Teoretické základy bezdotykového měření* [online]. : 1 - 90 [cit. 2015-05-06]. Dostupné z:



<http://www.kod.tul.cz/predmety/STE/cviceni/Teoretick%C3%A9%20z%C3%A1klady%20bezdotykov%C3%A9ho%20m%C4%B9%C5%99en%C3%AD.pdf>

- [19] KOPAL, Antonín, Jiří ERHART, Milan ČMELÍK a Lubor MACHONSKÝ. 2008. *Fyzika II: elektřina, magnetismus, Maxwellovy rovnice*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 323 s. ISBN 978-80-7372-311-8.
- [20] SZERUDA, Rostislav. *Možnosti stanovení koeficientu emisivity materiálu* [online]. : 1 - 5 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://szeruda.cz/attachments/article/82/Mo%C5%BEnosti%20stanoven%C3%AD%20koeficientu%20emisivity%20materi%C3%A1lu.pdf>
- [21] SVOBODA, Jiří. *Termodiagnostika: učební texty*
- [22] FLIRX-Series [online]. [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: [http://www.edevis.com/en/thermography\\_camera\\_xseries.php](http://www.edevis.com/en/thermography_camera_xseries.php)
- [23] DIRECT INDUSTRY: FLIR [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/flir-systems/infrared-camera-cooled-7945-1269987.html>
- [24] *Princip bezdotykového měření teploty* [online]. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.qtest.cz/bezdotykove-teplomery/bezdotykove-mereni-teploty.htm>
- [25] VAVŘIČKA, Roman. *Bezdotykové měření teploty* [online]. : 1 - 6 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://utp.fs.cvut.cz/vz/clanky/104.pdf>
- [26] KOLÁŘOVÁ, Jitka. *Analýza šíření kapalných vlhkostí textilií*. Diplomová práce. Liberec: TUL, 2013
- [27] ČSN ISO 18434-1: *Monitorování stavu a diagnostika strojů- Termografie- Část 1: Všeobecné postupy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009
- [28] ŠKRDLANTOVÁ, Markéta. *Vliv vlhkosti na textilní vlákna* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: [http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/predmety/koroze\\_materialu\\_pro\\_restauratory/kadm/pdf/3\\_6.pdf](http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/predmety/koroze_materialu_pro_restauratory/kadm/pdf/3_6.pdf)
- [29] ČSN 80 0164. *Metoda zkoušení stálobarevnosti v potu*. 1986.
- [30] *NIS-Elements AR: Uživatelská příručka*. 2012.
- [31] ČSN 800828. *Stanovení savosti vůči vodě*. 1992. Vydavatelství norem. Praha.

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Síťování za mokra [1] .....	16
Obrázek 2: Síťování za vlhka [1] .....	16
Obrázek 3: Síťování za sucha [1] .....	16
Obrázek 4: Elektromagnetické spektrum [24] .....	27
Obrázek 5: Emisivita [24] .....	30
Obrázek 6: Termovizní kamera typu X 6540sc [23].....	32
Obrázek 7: Přístroj na měření simulace navlhčení materiálu při pocení .....	36
Obrázek 8: Termogram pro kalibraci obrazu .....	38
Obrázek 9: Foto konstrukce (černé komory) .....	38
Obrázek 10: Foto umístění kamery .....	39
Obrázek 11: Termogram M1 – 60s .....	59
Obrázek 12: Foto M1 – 60s .....	59
Obrázek 13: Termogram M1-EC - 60s .....	59
Obrázek 14: Foto M1-EC – 60s .....	59
Obrázek 15: Termogram M2 – 60s .....	59
Obrázek 16: Foto M2 – 60s .....	59
Obrázek 17: Termogram M2-S – 60s .....	59
Obrázek 18: Foto M2-S – 60s .....	59
Obrázek 19: Termogram M3 – 60s .....	60
Obrázek 20: Foto M3 – 60s .....	60
Obrázek 21: Termogram M3-EC – 60s .....	60
Obrázek 22: Foto M3-EC – 60s .....	60
Obrázek 23: Termogram M4 – 60s .....	60
Obrázek 24: Foto M4 – 60s .....	60
Obrázek 25: Termogram M4-EC – 60s .....	60
Obrázek 26: Foto M4-EC – 60s .....	60
Obrázek 27: Termogram M1 – 60s .....	65
Obrázek 28: Foto M1 – 60s .....	65
Obrázek 29: Termogram M1-EC – 60s .....	65
Obrázek 30: Foto M1-EC – 60s .....	65
Obrázek 31: Termogram M2 – 60s .....	65
Obrázek 32: Foto M2 – 60s .....	65
Obrázek 33: Termogram M2-S – 60s .....	65
Obrázek 34: Foto M2-S – 60s .....	65
Obrázek 35: Termogram M3 – 60s .....	66
Obrázek 36: Foto M3 – 60s .....	66
Obrázek 37: Termogram M3-EC – 60s .....	66
Obrázek 38: Foto M3-EC – 60s .....	66
Obrázek 39: Termogram M4 – 60s .....	66
Obrázek 40: Foto M4 – 60s .....	66
Obrázek 41: Termogram M4-EC – 60s .....	66
Obrázek 42: Foto M4-EC – 60s .....	66
Obrázek 43: Přístroj na měření vztlávnosti .....	68
Obrázek 44: Termogram pro kalibraci obrazu .....	69

Obrázek 45: Foto umístění přístroje v temné komoře .....	70
Obrázek 46: Foto umístění kamery .....	70
Obrázek 47: Termogram M1 – 60s .....	80
Obrázek 48: Foto M1 – 60s .....	80
Obrázek 49: Termogram M1-EC – 60s .....	80
Obrázek 50: Foto M1-EC – 60s .....	80
Obrázek 51: Termogram M2 – 60s .....	80
Obrázek 52: Foto M2 – 60s .....	80
Obrázek 53: Termogram M2-S – 60s .....	80
Obrázek 54: Foto M2-S – 60s .....	80
Obrázek 55: Termogram M3 – 60s .....	81
Obrázek 56: Foto M3 – 60s .....	81
Obrázek 57: Termogram M3-EC – 60s .....	81
Obrázek 58: Foto M3-EC – 60s .....	81
Obrázek 59: Termogram M4 – 60s .....	81
Obrázek 60: Foto M4 – 60s .....	81
Obrázek 61: Termogram M4-EC – 60s .....	81
Obrázek 62: Foto M4-EC – 60s .....	81

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Charakteristika materiálů .....	34
Tabulka 2: Tvarové charakteristiky (filc 100 % vlna) .....	41
Tabulka 3: Tvarové charakteristiky (funkční materiál – 100% polyester Coolmax Fresh) .....	42
Tabulka 4: Simulace navlhčení košilovin při pocení - metoda vážení po absorpci (funkční materiál).....	44
Tabulka 5: Simulace navlhčení košilovin při pocení - metoda vážení po absorpci (filc 100% vlna) .....	49
Tabulka 6: Plocha smočeného materiálu (funkční materiál – 100% polyester Coolmax Fresh) .....	55
Tabulka 7: Plocha smočeného materiálu (filc 100% vlna) .....	61
Tabulka 8: Vzlínavost - metoda vážení po absorpci .....	72
Tabulka 9: Sací výška smočeného materiálu - vzlínavost .....	77
Tabulka 10 Simulace pocení – funkční materiál.....	83
Tabulka 11 Simulace pocení - filc .....	84
Tabulka 12 Vzlínavost .....	84

## Seznam grafů

Graf 1: Krabicový graf – vzorek M1 .....	45
Graf 2: Krabicový graf – vzorek M1-EC .....	45
Graf 3: Krabicový graf – vzorek M2 .....	46
Graf 4: Krabicový graf – vzorek M2-S .....	46
Graf 5: Krabicový graf – vzorek M3 .....	47
Graf 6: Krabicový graf – vzorek M3-EC .....	47
Graf 7: Krabicový graf – vzorek M4 .....	48
Graf 8: Krabicový graf – vzorek M4-EC .....	48
Graf 9: Krabicový graf-vzorek M1.....	50
Graf 10: Krabicový graf-vzorek M1-EC .....	50
Graf 11: Krabicový graf-vzorek M2.....	51
Graf 12: Krabicový graf-vzorek M2-S.....	51
Graf 13: Krabicový graf-vzorek M3.....	52
Graf 14: Krabicový graf-vzorek M3-EC .....	52
Graf 15: Krabicový graf-vzorek M4.....	53
Graf 16: Krabicový graf-vzorek M4-EC .....	53
Graf 17: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M1, M1-EC.....	56
Graf 18: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M2, M2-S.....	57
Graf 19: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M3, M3-EC.....	57
Graf 20: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M4, M4-EC.....	58
Graf 21: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M1, M1-EC.....	62
Graf 22: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M2, M2-S.....	63
Graf 23: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M3, M3-EC.....	63
Graf 24: Závislost mezi časem a plochou – vzorky M4, M4-EC.....	64
Graf 25: Krabicový graf-vzorek M1.....	72
Graf 26: Krabicový graf-vzorek M1-EC .....	73
Graf 27: Krabicový graf-vzorek M2.....	73
Graf 28: Krabicový graf-vzorek M2-S.....	74
Graf 29: Krabicový graf-vzorek M3.....	74
Graf 30: Krabicový graf-vzorek M3-EC .....	75
Graf 31: Krabicový graf-vzorek M4.....	75
Graf 32: Krabicový graf-vzorek M4-EC .....	76
Graf 33: Závislost mezi časem a sací výškou – vzorky M1, M1-EC.....	78
Graf 34: Závislost mezi časem a sací výškou – vzorky M2, M2-S.....	78
Graf 35: Závislost mezi časem a sací výškou – vzorky M3, M3-EC.....	79
Graf 36: Závislost mezi časem a sací výškou – vzorky M4, M4-EC.....	79
Graf 37: Simulace pocení – funkční materiál .....	83
Graf 38: Simulace pocení - filc.....	84
Graf 39: Vzlínavost.....	84

## Seznam příloh

Příloha 1: Simulace navlhčení košilovin při pocení – metoda vážení po absorpci

Příloha 2: Plocha smočeného materiálu

Příloha 3: Vzlínavost – metoda vážení po absorpci

Příloha 4: Sací výška – vzlínavost

Příloha 5: Zkoumané materiály - košiloviny

Příloha 6: Termogramy – funkční materiál (na CD)

Příloha 7: Termogramy – filc (na CD)

Příloha 8: Stanovení emisivity – naměřené hodnoty (na CD)

Příloha 9: Příprava návrhu experimentu (na CD)

Příloha 10: Termogramy – vzlínavost (na CD)

Příloha 11: Tvarové charakteristiky filc (na CD)

Příloha 12: Tvarové charakteristiky funkční materiál (na CD)

## Příloha 1: Simulace navlhčení košilovin při pocení – metoda vážení po absorpci

Simulace navlhčení košilovin při pocení [g] – metoda vážení po absorpci (funkční materiál)								
Označení materiálu		1	2	3	4	5	průměr	rozptyl
M1	před	2,95	2,98	2,98	3,00	2,97	2,976	0,00033
	po	3,03	3,03	3,05	3,07	3,04	3,044	0,00028
M1-EC	před	3,10	3,11	3,12	3,08	3,06	3,094	0,00058
	po	3,11	3,11	3,12	3,09	3,07	3,100	0,00040
M2	před	2,60	2,60	2,58	2,59	2,61	2,596	0,00013
	po	2,62	2,62	2,61	2,63	2,65	2,626	0,00023
M2-S	před	2,67	2,64	2,64	2,65	2,67	2,654	0,00023
	po	2,70	2,66	2,67	2,67	2,69	2,678	0,00027
M3	před	2,81	2,77	2,74	2,75	2,77	2,768	0,00072
	po	2,87	2,80	2,78	2,79	2,80	2,808	0,00127
M3-EC	před	2,84	2,84	2,88	2,91	2,90	2,874	0,00108
	po	2,85	2,84	2,89	2,92	2,91	2,882	0,00127
M4	před	3,68	3,78	3,72	3,70	3,71	3,718	0,00142
	po	3,75	3,89	3,84	3,76	3,76	3,800	0,00385
M4-EC	před	3,62	3,64	3,65	3,69	3,65	3,650	0,00065
	po	3,62	3,64	3,66	3,70	3,66	3,656	0,00088

Základní popisná statistika									
Označení materiálu		medián	minimum	maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef. [%]	Dolní mez	Horní mez
M1	před	2,980	2,950	3,000	2,970	2,980	0,610413	2,953444	2,998556
	po	3,040	3,030	3,070	3,030	3,050	0,549711	3,023223	3,064777
M1-EC	před	3,100	3,060	3,120	3,080	3,110	0,778384	3,064097	3,123903
	po	3,110	3,070	3,120	3,090	3,110	0,645161	3,075167	3,124833
M2	před	2,600	2,580	2,610	2,590	2,600	0,439205	2,581843	2,610157
	po	2,620	2,610	2,650	2,620	2,630	0,577523	2,607169	2,644831
M2-S	před	2,650	2,640	2,670	2,640	2,670	0,571430	2,635169	2,672831
	po	2,670	2,660	2,700	2,670	2,690	0,613580	2,657597	2,698403
M3	před	2,770	2,740	2,810	2,750	2,770	0,969394	2,734683	2,801317
	po	2,800	2,780	2,870	2,790	2,800	1,269126	2,763751	2,852249
M3-EC	před	2,880	2,840	2,910	2,840	2,900	1,143471	2,833195	2,914805
	po	2,890	2,840	2,920	2,850	2,910	1,236539	2,837751	2,926249
M4	před	3,710	3,680	3,780	3,700	3,720	1,013526	3,671211	3,764789
	po	3,760	3,750	3,890	3,760	3,840	1,632852	3,722957	3,877043
M4-EC	před	3,650	3,620	3,690	3,640	3,650	0,698496	3,618344	3,681656
	po	3,660	3,620	3,700	3,640	3,660	0,811400	3,619166	3,692834

Simulace navlhčení košilovin při pocení [g] – metoda vážení po absorpci (filc 100% vlna)								
Označení materiálu		1	2	3	4	5	průměr	rozptyl
M1	před	3,00	3,00	3,02	3,01	3,03	3,012	0,00017
	po	3,02	3,02	3,03	3,02	3,04	3,026	0,00008
M1-EC	před	3,14	3,13	3,13	3,15	3,10	3,130	0,00035
	po	3,14	3,13	3,13	3,16	3,11	3,134	0,00033
M2	před	2,58	2,59	2,58	2,59	2,59	2,586	0,00003
	po	2,60	2,62	2,59	2,60	2,60	2,602	0,00012
M2-S	před	2,67	2,68	2,66	2,65	2,64	2,660	0,00025
	po	2,68	2,70	2,67	2,66	2,65	2,672	0,00037
M3	před	2,79	2,79	2,77	2,79	2,80	2,788	0,00012
	po	2,80	2,81	2,79	2,80	2,81	2,802	0,00007
M3-EC	před	2,92	2,83	2,87	2,87	2,93	2,884	0,00168
	po	2,92	2,84	2,87	2,87	2,93	2,886	0,00143
M4	před	3,73	3,85	3,77	3,74	3,73	3,764	0,00258
	po	3,74	3,87	3,78	3,74	3,74	3,774	0,00318
M4-EC	před	3,75	3,85	3,74	3,68	3,64	3,732	0,00637
	po	3,75	3,85	3,74	3,68	3,64	3,732	0,00637

Základní popisná statistika									
Označení materiálu		medián	minimum	maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef. [%]	Dolní mez	Horní mez
M1	před	3,010	3,000	3,030	3,000	3,020	0,432882	2,995811	3,028189
	po	3,020	3,020	3,040	3,020	3,030	0,295581	3,014894	3,037106
M1-EC	před	3,130	3,100	3,150	3,130	3,140	0,597709	3,106771	3,153229
	po	3,130	3,110	3,160	3,130	3,140	0,579640	3,111444	3,156556
M2	před	2,590	2,580	2,590	2,580	2,590	0,211803	2,579199	2,592801
	po	2,600	2,590	2,620	2,600	2,600	0,421001	2,588398	2,615602
M2-S	před	2,660	2,640	2,680	2,650	2,670	0,594413	2,640368	2,679632
	po	2,670	2,650	2,700	2,660	2,680	0,719887	2,648116	2,695884
M3	před	2,790	2,770	2,800	2,790	2,790	0,392914	2,774398	2,801602
	po	2,800	2,790	2,810	2,800	2,810	0,298594	2,791611	2,812389
M3-EC	před	2,870	2,830	2,930	2,870	2,920	1,421214	2,833107	2,934893
	po	2,870	2,840	2,930	2,870	2,920	1,310303	2,839046	2,932954
M4	před	3,740	3,730	3,850	3,730	3,770	1,349461	3,700931	3,827069
	po	3,740	3,740	3,870	3,740	3,780	1,494210	3,703981	3,844019
M4-EC	před	3,740	3,640	3,850	3,680	3,750	2,138593	3,632900	3,831100
	po	3,740	3,640	3,850	3,680	3,750	2,138593	3,632900	3,831100



## Příloha 2: Plocha smočeného materiálu

Plocha smočeného materiálu [mm <sup>2</sup> ] (funkční mat.)								
Označení materiálu		1	2	3	4	5	průměr	rozptyl
M1	5s	324,52	343,44	551,78	518,48	415,54	430,752	10371,0
	10 s	395,48	399,64	644,5	570,89	495,2	501,142	11729,7
	20 s	504,1	498,99	770,71	659,83	617,44	610,214	12976,0
	30 s	595,87	607,6	949,34	807,42	709,59	733,964	21853,6
	60 s	853,03	896,17	1836,44	1201,97	976,97	1152,916	164104,6
M1-EC	5 s	216,85	230,67	189,04	50,74	216,8	180,820	5516,5
	10 s	245,24	287,81	232,94	217,42	245,2	245,722	684,1
	20 s	319,98	352,9	290,27	290,28	319,9	314,666	676,8
	30 s	375,61	368,42	368,42	347,61	375,6	367,132	132,0
	60 s	520,37	618,2	545,91	499,93	520,07	540,896	2133,6
M2	5 s	157,81	151,38	59,03	65,67	64,72	99,722	2520,8
	10 s	196,79	134,54	136,24	147,41	203,61	163,718	1139,4
	20 s	257,54	224,42	224,04	218,37	218,3	228,534	271,6
	30 s	316,01	279,11	279,11	274,57	274,58	284,676	312,0
	60 s	499,18	400,97	407,21	450,17	450,18	441,542	1574,0
M2-S	5 s	78,91	112,21	41,08	32,55	32,73	59,496	1234,3
	10 s	190,17	223,1	128,86	68,31	106,72	143,432	3933,7
	20 s	247,88	289,7	224,61	200,58	110,13	214,580	4489,6
	30 s	306,54	358,39	289,33	269,08	221,96	289,060	2503,5
	60 s	469,09	523,78	446,57	421,21	438,06	459,742	1579,1
M3	5 s	302,95	222,53	229,34	302,9	294,06	270,356	1663,2
	10s	359,53	270,02	271,54	344,2	335,69	316,196	1792,1
	20 s	453,38	351,39	348,55	425,57	413,27	398,432	2169,3
	30 s	524,15	421,4	413,65	502,96	484,98	469,428	2444,7
	60 s	733,63	609,68	642,04	725,49	706,94	683,556	2998,5
M3-EC	5s	402,67	280,43	355,74	343,44	355,77	347,610	1923,7
	10 s	484,61	334,55	355,74	409,67	428,97	402,708	3574,4
	20 s	591,71	422,54	429,35	483,47	484,61	482,336	4588,1
	30 s	738,36	514,12	628,61	557,27	628,42	613,356	7269,8
	60 s	1081,43	788,88	898,25	726,25	898,06	878,574	18291,3
M4	5 s	161,22	252,99	284,41	161,2	280,41	228,046	3868,8
	10 s	208,34	332,66	366,91	208,3	366,91	296,624	6693,5
	20 s	278,35	469,28	519,04	279,35	466,28	402,460	13172,0
	30 s	350,44	583,76	651,12	355,44	516,84	491,520	18260,7
	60 s	523,4	874,98	977,91	523,4	973,91	774,720	54334,6
M4-EC	5s	318,47	319,6	220,64	300,87	328,12	297,540	1946,1
	10s	365,77	388,48	299,73	387,15	404,94	369,214	1702,3
	20 s	474,01	539,48	377,88	532,1	545,35	493,764	5010,0
	30 s	637,31	633,15	484,04	706,76	684,81	629,214	7565,2
	60 s	961,84	1128,56	824,83	1103,01	1042,65	1012,178	15089,2

Základní popisná statistika									
Označení materiálu		medián	minimum	maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef. [%]	Dolní mez	Horní mez
M1	5s	415,54	324,52	551,78	343,44	518,48	23,6419	304,303	557,201
	10 s	495,20	395,48	644,50	399,64	570,89	21,6113	366,665	635,619
	20 s	617,44	498,99	770,71	504,10	659,83	18,6675	468,773	751,655
	30 s	709,59	595,87	949,34	607,60	807,42	20,1412	550,409	917,519
	60 s	976,97	853,03	1836,44	896,17	1201,9	35,1368	649,920	1655,91
M1-EC	5 s	216,80	50,740	230,67	189,04	216,85	41,0758	88,5975	273,043
	10 s	245,20	217,40	287,81	232,94	245,24	10,6440	213,246	278,197
	20 s	319,90	290,27	352,90	290,28	319,98	8,26779	282,363	346,969
	30 s	368,42	347,61	375,61	368,42	375,60	3,12946	352,866	381,398
	60 s	520,37	499,93	618,20	520,07	545,91	8,53965	483,542	598,249
M2	5 s	65,67	59,030	157,81	64,72	151,38	50,3477	37,3808	162,063
	10 s	147,41	134,54	203,61	136,24	196,79	20,6174	121,806	205,630
	20 s	224,04	218,30	257,54	218,37	224,42	7,21168	208,070	248,998
	30 s	279,11	274,57	316,01	274,58	279,11	6,20438	262,745	306,607
	60 s	450,17	400,97	499,18	407,21	450,18	8,98523	392,280	490,803
M2-S	5 s	41,08	32,55	112,21	32,73	78,91	59,0511	15,8726	103,119
	10 s	128,86	68,31	223,10	106,72	190,17	43,7275	65,5557	221,308
	20 s	224,61	110,13	289,70	200,58	247,88	31,2257	131,383	297,777
	30 s	289,33	221,96	358,39	269,08	306,54	17,3094	226,933	351,186
	60 s	446,57	421,21	523,78	438,06	469,09	8,64364	410,400	509,084
M3	5 s	294,06	222,53	302,95	229,34	302,90	15,0849	219,717	320,995
	10s	335,69	270,02	359,53	271,54	344,20	13,3883	263,632	368,760
	20 s	413,27	348,55	453,38	351,39	425,57	11,6896	340,601	456,263
	30 s	484,98	413,65	524,15	421,40	502,96	10,5327	408,035	530,820
	60 s	706,94	609,68	733,63	642,04	725,49	8,01081	615,564	751,548
M3-EC	5s	355,74	280,43	402,67	343,44	355,77	12,6171	293,150	402,069
	10 s	409,67	334,55	484,61	355,74	428,97	14,8460	328,473	476,942
	20 s	483,47	422,54	591,71	429,35	484,61	14,0431	398,231	566,440
	30 s	628,42	514,12	738,36	557,27	628,61	13,9010	507,488	719,224
	60 s	898,06	726,25	1081,43	788,88	898,25	15,3937	710,644	1046,50
M4	5 s	252,99	161,20	284,41	161,22	280,41	27,2750	150,814	305,277
	10 s	332,66	208,30	366,91	208,34	366,91	27,5816	195,038	398,209
	20 s	466,28	278,35	519,04	279,35	469,28	28,5170	259,954	544,965
	30 s	516,84	350,44	651,12	355,44	583,76	27,4927	323,731	659,309
	60 s	874,98	523,40	977,91	523,40	973,91	30,0880	485,290	1064,14
M4-EC	5s	318,47	220,64	328,12	300,87	319,60	14,8265	242,764	352,316
	10s	387,15	299,73	404,94	365,77	388,48	11,1747	317,984	420,443
	20 s	532,10	377,88	545,35	474,01	539,48	14,3350	405,877	581,651
	30 s	637,31	484,04	706,76	633,15	684,81	13,8233	521,216	737,212
	60 s	1042,6	824,83	1128,56	961,84	1103,0	12,1360	859,654	1164,70

Plocha smočeného materiálu [mm <sup>2</sup> ] (filc)								
Označení materiálu		1	2	3	4	5	průměr	rozptyl
M1	5s	563,53	500,5	492,74	625,01	497,47	535,850	3324
	10 s	688,6	648,67	623,13	725,69	620,47	661,312	2044
	20 s	1149,39	1011,61	1053,63	1118,35	970,74	1060,744	5436
	30 s	1639,31	1281,83	1437,59	1542,03	1313,07	1442,766	22808
	60 s	3191,94	2333,4	2325,65	2425,95	2227,44	2500,876	154176
M1-EC	5 s	459,44	418,19	407,21	368,8	333,42	397,412	2322
	10 s	596,06	539,86	454,14	498,23	531,34	523,926	2761
	20 s	807,05	840,36	716,6	760,69	823,89	789,718	2555
	30 s	1135,55	1178,13	966,76	1096,19	1138,77	1103,080	6648
	60 s	1744,3	1775,72	1657,27	1609,01	1906,68	1738,596	13267
M2	5 s	552,92	567,87	526,81	991,22	595,12	646,788	37684
	10 s	700,13	753,5	637,51	1960,37	778,67	966,036	311903
	20 s	1036,98	1053,44	1051,93	2309,6	1219,97	1334,384	302824
	30 s	1437,4	1497,95	1448,76	2644,33	1957,76	1797,240	270956
	60 s	3049,85	3211,43	2630,32	4031,93	3259,12	3236,530	259035
M2-S	5 s	475,71	483,47	673,47	614,99	475,71	544,670	8698
	10 s	686,52	843,04	3215,13	1926,55	1373,04	1608,856	1043458
	20 s	752,36	1475,47	2646,56	2229,57	1446,13	1710,018	547201
	30 s	1777,22	2891,56	2845,15	3392,32	2174,87	2616,224	407316
	60 s	3203,64	2928,36	2998,25	3511,07	3285,97	3185,458	54401
M3	5 s	278,54	423,3	388,1	464,55	530,79	417,056	8814
	10s	407,4	646,79	544,97	634,1	741,71	594,994	15858
	20 s	699,77	1547,02	950,36	2173,63	3253,76	1724,908	1055304
	30 s	1196,32	2465,14	2223,81	2601,32	3516,25	2400,568	692668
	60 s	5197,5	5298,68	4428,72	3692,3	5388,57	4801,154	529486
M3-EC	5s	508,45	422,16	525,86	269,27	285,54	402,256	14565
	10 s	699,38	538,54	703,36	703,17	417,05	612,300	16924
	20 s	1047,19	804,58	1035,86	749,9	660,21	859,548	30269
	30 s	1344,27	1139,93	1449,89	906,02	915,67	1151,156	60552
	60 s	2468,36	2461,7	2182,77	1594,82	1562,27	2053,984	201785
M4	5 s	204,17	123,19	214,01	83,26	310,52	187,030	7779
	10 s	296,7	226,88	305,22	206,64	399,83	287,054	5807
	20 s	465,12	391,7	456,22	363,69	557,84	446,914	5674
	30 s	627,85	537,97	641,67	517,15	739,68	612,864	7977
	60 s	1046,81	950,48	1178,32	925,51	925,51	1005,326	11849
M4-EC	5s	305,41	140,03	357,07	274,75	279,86	271,424	6459
	10s	407,97	265,86	451,68	358,96	368,04	370,502	4771
	20 s	591,71	442,22	659,83	493,88	504,29	538,386	7496
	30 s	778,85	618,2	882,17	699,76	671,94	730,184	10582
	60 s	1292,61	1079,15	1374,73	1154,86	1302,07	1240,684	14473

Základní popisná statistika									
Označení materiálu		Medián	minimu m	Maximu m	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef. [%]	Dolní mez	Horní mez
M1	5s	500,50	492,74	625,01	497,47	563,53	10,7597	464,261	607,439
	10 s	648,67	620,47	725,69	623,13	688,60	6,83605	605,179	717,445
	20 s	1053,63	970,74	1149,39	1011,61	1118,35	6,9504	969,201	1152,28
	30 s	1437,59	1281,83	1639,31	1313,07	1542,03	10,4675	1255,24	1630,28
	60 s	2333,40	2227,44	3191,94	2325,65	2425,95	15,7005	2013,33	2988,41
M1- EC	5 s	407,21	333,42	459,44	368,80	418,19	12,1257	337,577	457,247
	10 s	531,34	454,14	596,06	498,23	539,86	10,0284	458,687	589,165
	20 s	807,05	716,60	840,36	760,69	823,89	6,40114	726,951	852,485
	30 s	1135,55	966,76	1178,13	1096,19	1138,77	7,39149	1001,84	1204,31
	60 s	1744,30	1609,01	1906,68	1657,27	1775,72	6,62512	1595,57	1881,61
M2	5 s	567,87	526,81	991,22	552,92	595,12	30,0135	405,751	887,825
	10 s	753,50	637,51	1960,37	700,13	778,67	57,8118	272,588	1659,48
	20 s	1053,44	1036,98	2309,60	1051,90	1219,97	41,2395	651,103	2017,66
	30 s	1497,95	1437,40	2644,33	1448,76	1957,76	28,9630	1150,91	2443,56
	60 s	3211,43	2630,32	4031,93	3049,85	3259,12	15,7253	2604,57	3868,48
M2- S	5 s	483,47	475,71	673,47	475,71	614,99	17,1225	428,871	660,469
	10 s	1373,04	686,52	3215,13	843,04	1926,55	63,4922	340,499	2877,21
	20 s	1475,47	752,36	2646,56	1446,13	2229,57	43,2586	791,522	2628,51
	30 s	2845,15	1777,22	3392,32	2174,87	2891,56	24,3944	1823,77	3408,67
	60 s	3203,64	2928,36	3511,07	2998,25	3285,97	7,32201	2895,85	3475,06
M3	5 s	423,30	278,54	530,79	388,10	464,55	22,5106	300,486	533,626
	10s	634,10	407,40	741,71	544,97	646,79	21,1646	438,634	751,354
	20 s	1547,02	699,77	3253,76	950,36	2173,63	59,5556	449,371	3000,44
	30 s	2465,14	1196,32	3516,25	2223,81	2601,32	34,6695	1367,17	3433,96
	60 s	5197,50	3692,30	5388,57	4428,72	5298,68	15,1559	3897,64	5704,66
M3- EC	5s	422,16	269,27	525,86	285,54	508,45	30,0019	252,406	552,106
	10 s	699,38	417,05	703,36	538,54	703,17	21,2463	450,770	773,830
	20 s	804,58	660,21	1047,19	749,90	1035,86	20,2407	643,524	1075,57
	30 s	1139,93	906,02	1449,89	915,67	1344,27	21,3761	845,617	1456,69
	60 s	2182,77	1562,27	2468,36	1594,82	2461,70	21,8699	1496,22	2611,74
M4	5 s	204,17	83,26	310,52	123,19	214,01	47,1569	77,518	296,542
	10 s	296,70	206,64	399,83	226,88	305,22	26,5472	192,433	381,675
	20 s	456,22	363,69	557,84	391,70	465,12	16,8552	353,381	540,447
	30 s	627,85	517,15	739,68	537,970	641,67	14,5729	501,968	723,760
	60 s	950,48	925,51	1178,32	925,51	1046,81	10,8277	870,165	1140,48
M4- EC	5s	279,86	140,03	357,07	274,75	305,41	29,6102	171,632	371,216
	10s	368,04	265,86	451,68	358,96	407,97	18,6424	284,740	456,264
	20 s	504,29	442,22	659,83	493,88	591,71	16,0811	430,885	645,887
	30 s	699,76	618,20	882,17	671,94	778,85	14,0878	602,458	857,910
	60 s	1292,61	1079,15	1374,73	1154,86	1302,07	9,69656	1091,30	1390,06

### Příloha 3: Vztlínavost – metoda vážení po absorpci

Vztlínavost [g] – metoda vážení po absorpci								
Označení materiálu		1	2	3	4	5	průměr	rozptyl
M1	před	0,20	0,20	0,18	0,20	0,20	0,196	0,00008
	po	0,25	0,25	0,23	0,24	0,25	0,244	0,00008
M1-EC	před	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,208	0,00002
	po	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,218	0,00002
M2	před	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,198	0,00002
	po	0,22	0,23	0,22	0,23	0,22	0,224	0,00003
M2-S	před	0,19	0,20	0,20	0,20	0,19	0,196	0,00003
	po	0,20	0,22	0,21	0,22	0,21	0,212	0,00007
M3	před	0,19	0,18	0,20	0,19	0,19	0,190	0,00005
	po	0,23	0,22	0,25	0,21	0,22	0,226	0,00023
M3-EC	před	0,19	0,20	0,19	0,20	0,19	0,194	0,00003
	po	0,20	0,22	0,21	0,21	0,20	0,208	0,00007
M4	před	0,26	0,25	0,25	0,26	0,25	0,254	0,00003
	po	0,30	0,30	0,30	0,31	0,30	0,302	0,00002
M4-EC	před	0,24	0,26	0,27	0,25	0,24	0,252	0,00017
	po	0,24	0,26	0,27	0,25	0,24	0,252	0,00017

Základní popisná statistika									
Označení materiálu		medián	minimum	maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef. [%]	Dolní mez	Horní mez
M1	před	0,200	0,180	0,200	0,200	0,200	4,563404	0,184894	0,207106
	po	0,250	0,230	0,250	0,240	0,250	3,665685	0,232894	0,255106
M1-EC	před	0,210	0,200	0,210	0,210	0,210	2,150065	0,202447	0,213553
	po	0,220	0,210	0,220	0,220	0,220	2,051439	0,212447	0,223553
M2	před	0,200	0,190	0,200	0,200	0,200	2,258655	0,192447	0,203553
	po	0,220	0,220	0,230	0,220	0,230	2,445190	0,217199	0,230801
M2-S	před	0,200	0,190	0,200	0,190	0,200	2,794503	0,189199	0,202801
	po	0,210	0,200	0,220	0,210	0,220	3,946510	0,201611	0,222389
M3	před	0,190	0,180	0,200	0,190	0,190	3,721615	0,181220	0,198780
	po	0,220	0,210	0,250	0,220	0,230	6,710509	0,207169	0,244831
M3-EC	před	0,190	0,190	0,200	0,190	0,200	2,823312	0,187199	0,200801
	po	0,210	0,200	0,220	0,200	0,210	4,022404	0,197611	0,218389
M4	před	0,250	0,250	0,260	0,250	0,260	2,156388	0,247199	0,260801
	po	0,300	0,300	0,310	0,300	0,300	1,480840	0,296447	0,307553
M4-EC	před	0,250	0,240	0,270	0,240	0,260	5,173970	0,235811	0,268189
	po	0,250	0,240	0,270	0,240	0,260	5,173970	0,235811	0,268189

**Příloha 4: Sací výška- vzlínavost**

Sací výška [mm] - vzlínavost								
Označení materiálu		1	2	3	4	5	průměr	rozptyl
M1	5s	13,78	13,78	13,78	13,78	13,49	13,72	0,13
	10 s	17,51	17,51	17,51	17,51	17,22	17,45	0,13
	20 s	23,83	22,97	22,97	22,39	22,1	22,85	0,67
	30 s	26,98	26,12	25,84	26,7	25,55	26,24	0,59
	60 s	34,74	33,87	33,01	35,02	33,01	33,93	0,94
M1-EC	5 s	0	0	0	0	0	0	0
	10 s	0	0	0	0	0	0	0
	20 s	0	0	0	0	0	0	0
	30 s	0	0	0	0	0	0	0
	60 s	4,31	4,31	4,59	4,59	3,73	4,31	0,35
M2	5 s	6,6	8,04	6,03	6,32	8,61	7,12	1,14
	10 s	8,33	10,33	8,33	8,61	11,77	9,47	1,53
	20 s	12,06	13,49	12,92	12,92	14,93	13,26	1,06
	30 s	15,21	16,65	15,79	15,5	17,22	16,08	0,84
	60 s	20,96	21,53	21,53	20,96	22,97	21,59	0,82
M2-S	5 s	0	0	0	0	0	0	0
	10 s	2,3	2,01	1,72	1,72	2,01	1,95	0,24
	20 s	4,31	4,02	3,73	3,73	4,02	3,96	0,24
	30 s	5,45	5,17	4,59	4,59	4,31	4,82	0,47
	60 s	9,47	9,47	8,04	8,61	8,04	8,73	0,72
M3	5 s	11,2	12,63	11,48	10,62	13,49	11,88	1,16
	10s	14,64	16,08	15,21	14,64	17,51	15,62	1,21
	20 s	19,23	19,81	18,66	18,66	20,96	19,46	0,96
	30 s	20,96	22,39	22,1	21,24	24,11	22,16	1,24
	60 s	26,7	27,85	27,27	27,27	29,86	27,79	1,23
M3-EC	5s	3,16	6,89	3,44	5,74	5,17	4,88	1,57
	10 s	3,73	7,46	4,59	6,89	6,03	5,74	1,56
	20 s	4,73	7,75	5,25	7,62	7,02	6,474	1,39
	30 s	6,03	10,91	6,32	8,61	8,04	7,98	1,97
	60 s	8,04	14,64	10,91	12,06	10,62	11,25	2,40
M4	5 s	4,02	4,59	6,03	6,32	8,61	5,91	1,79
	10 s	8,61	8,9	10,05	9,76	10,91	9,65	0,92
	20 s	11,48	13,21	15,5	14,35	17,22	14,35	3,05
	30 s	16,65	18,66	20,09	18,66	20,96	19	1,64
	60 s	24,4	25,84	28,99	27,56	30,43	27,44	2,41
M4-EC	5s	0	0	0	0	0	0	0
	10s	0	0	0	0	0	0	0
	20 s	0	0	0	0	0	0	0
	30 s	0	0	0	0	0	0	0
	60 s	0	0	0	0	0	0	0

Základní popisná statistika									
Označení materiálu		Medián	Minimum	maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef. [%]	Dolní mez	Horní mez
M1	5 s	13,780	13,490	13,780	13,780	13,780	0,94514	13,5609	13,8830
	10 s	17,510	17,220	17,510	17,510	17,510	0,74314	17,2909	17,6130
	20 s	22,970	22,100	23,830	22,390	22,970	2,90540	22,0276	23,6763
	30 s	26,120	25,550	26,980	25,840	26,700	2,26256	25,5008	26,9751
	60 s	33,870	33,010	35,020	33,010	34,740	2,77284	32,7618	35,0981
M1-EC	5 s	0	0	0	0	0	0	0	0
	10 s	0	0	0	0	0	0	0	0
	20 s	0	0	0	0	0	0	0	0
	30 s	0	0	0	0	0	0	0	0
	60 s	4,310	3,730	4,590	4,310	4,590	8,15403	3,87004	4,74196
M2	5 s	6,600	6,030	8,610	6,320	8,040	15,9597	5,70906	8,53094
	10 s	8,610	8,330	11,770	8,330	10,330	16,1535	7,57378	11,3742
	20 s	12,920	12,060	14,930	12,920	13,490	8,00800	11,9451	14,5828
	30 s	15,790	15,210	17,220	15,500	16,650	5,20665	15,0348	17,1131
	60 s	21,530	20,960	22,970	20,960	21,530	3,80919	20,5688	22,6111
M2-S	5 s	0	0	0	0	0	0	0	0
	10 s	2,010	1,720	2,300	1,720	2,010	12,4298	1,65073	2,25327
	20 s	4,020	3,730	4,310	3,730	4,020	6,12396	3,66073	4,26327
	30 s	4,590	4,310	5,450	4,590	5,170	9,75625	4,23786	5,40614
	60 s	8,610	8,040	9,470	8,040	9,470	8,22753	7,83457	9,61743
M3	5 s	11,480	10,620	13,490	11,200	12,630	9,74480	10,4460	13,3219
	10 s	15,210	14,640	17,510	14,640	16,080	7,75912	14,1115	17,1204
	20 s	19,230	18,660	20,960	18,660	19,810	4,94482	18,2689	20,6590
	30 s	22,100	20,960	24,110	21,240	22,390	5,59339	20,6209	23,6990
	60 s	27,270	26,700	29,860	27,270	27,850	4,41353	26,2670	29,3129
M3-EC	5 s	5,170	3,160	6,890	3,440	5,740	32,2311	2,92701	6,83299
	10 s	6,030	3,730	7,460	4,590	6,890	27,1682	3,80368	7,67632
	20 s	7,020	4,730	7,750	5,250	7,620	21,5411	4,74241	8,20559
	30 s	8,040	6,030	10,910	6,320	8,610	24,6963	5,53436	10,4296
	60 s	10,910	8,040	14,640	10,620	12,060	21,2908	8,27888	14,2291
M4	5 s	6,030	4,020	8,610	4,590	6,320	30,2323	3,69398	8,13402
	10 s	9,760	8,610	10,910	8,900	10,050	9,56312	8,50062	10,7913
	20 s	14,350	11,480	17,220	13,210	15,500	15,2239	11,6390	17,0649
	30 s	18,660	16,650	20,960	18,660	20,090	8,63975	16,9653	21,0426
	60 s	27,560	24,400	30,430	25,840	28,990	8,76754	24,4563	30,4316
M4-EC	5 s	0	0	0	0	0	0	0	0
	10 s	0	0	0	0	0	0	0	0
	20 s	0	0	0	0	0	0	0	0
	30 s	0	0	0	0	0	0	0	0
	60 s	0	0	0	0	0	0	0	0

## Příloha 5: Zkoumané materiály – košiloviny

	Název materiálu		<b>Savoy</b>
	Označení materiálu		<b>M1</b>
	Finální úprava		-
	Vazba		Plátno
	Jemnost [tex]	osnova	5,2
		útek	5,2
	Dostava [příze/100mm]	osnova	72
		útek	33
	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]		103
	Tloušťka [mm]		0,389
	Název materiálu		<b>Savoy</b>
	Označení materiálu		<b>M1-EC</b>
	Finální úprava		Easy care
	Vazba		Plátno
	Jemnost [tex]	osnova	5,2
		útek	5,2
	Dostava [příze/100mm]	osnova	72
		útek	33
	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]		107
	Tloušťka [mm]		0,344



	Název materiálu		<b>Symphony</b>
	Označení materiálu		<b>M2</b>
	Finální úprava		-
	Vazba		Plátno
	Jemnost [tex]	osnova	6,4
		útek	6,4
	Dostava [příze/100mm]	osnova	93
		útek	46
	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]		89
	Tloušťka [mm]		0,275
	Název materiálu		<b>Symphony</b>
	Označení materiálu		<b>M2-S</b>
	Finální úprava		Soft
	Vazba		Plátno
	Jemnost [tex]	osnova	6,4
		útek	6,4
	Dostava [příze/100mm]	osnova	93
		útek	46
	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]		91
	Tloušťka [mm]		0,296
	Název materiálu		<b>Jive</b>
	Označení materiálu		<b>M3</b>
	Finální úprava		-
	Vazba		Plážno
	Jemnost [tex]	osnova	8,4
		útek	8,4
	Dostava [příze/100mm]	osnova	72
		útek	38
	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]		95
	Tloušťka [mm]		0,332

	Název materiálu		Jive
	Označení materiálu		M3-EC
	Finální úprava		Easy care
	Vazba		Plátno
	Jemnost [tex]	osnova	8,4
		útek	8,4
	Dostava [příze/100mm]	osnova	72
		útek	38
	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]		99
	Tloušťka [mm]		0,342
	Název materiálu		Duca
	Označení materiálu		M4
	Finální úprava		-
	Vazba		Kepr
	Jemnost [tex]	osnova	6,2
		útek	6,2
	Dostava [příze/100mm]	osnova	60
		útek	46
	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]		127
	Tloušťka [mm]		0,456
	Název materiálu		Duca
	Označení materiálu		M4-EC
	Finální úprava		Easy care
	Vazba		Kepr
	Jemnos	osnova	6,2
		útek	6,2
	Dostava [příze/100mm]	osnova	60
		útek	46
	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]		127
	Tloušťka [mm]		0,43